

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**Departamento de Estomatología IV (Profilaxis, Odontopediatría y  
Ortodoncia)**



**TESIS DOCTORAL**

**Valoración "in vitro" de las fuerzas de adhesión de un sistema  
adhesivo convencional y otro autograbante en esmalte de  
dientes temporales y permanentes**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Gilberto de Jesús Herrera Martínez**

Directores

Jesús Calatayud Sierra  
José María Vega del Barrio  
Inmaculada Casado Gómez

**Madrid, 2012**



**UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**



**Valoración “in vitro”  
de las fuerzas de adhesión de un sistema adhesivo  
convencional y otro autograbante en esmalte de  
dientes temporales y permanentes**

**INVESTIGACIÓN PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE  
DOCTOR POR**

Gilberto de Jesús Herrera Martínez

Directoress:

Jesús Calatayud Sierra

José María Vega del Barrio

Inmaculada Casado Gómez

**Madrid, 2010**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**



**VALORACIÓN “IN VITRO”**

**DE LAS FUERZAS DE ADHESIÓN DE UN SISTEMA ADHESIVO  
CONVENCIONAL Y OTRO AUTOGRABANTE EN ESMALTE DE  
DIENTES TEMPORALES Y PERMANENTES**

**TESIS DOCTORAL**

**GILBERTO DE JESÚS HERRERA MARTÍNEZ**

**DIRECTORES:**

**Prof. D. Jesús Calatayud Sierra**

**Prof. D. José María Vega del Barrio**

**Prof. Dña. Inmaculada Casado Gómez**

**Madrid, 2010**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

**D. JESÚS CALATAYUD SIERRA, PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA IV (PROFILAXIS, ODONTOPEDIATRÍA Y ORTODONCIA) DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**CERTIFICA:** Que **D. GILBERTO DE JESÚS HERRERA MARTÍNEZ**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo de investigación titulado: **Valoración “in vitro” de las fuerzas de adhesión de un sistema adhesivo convencional y otro autograbante en esmalte de dientes temporales y permanentes**, que considero reúne las condiciones exigibles para su defensa y optar al grado de Doctor en Odontología.

Y para que así conste, expido el presente certificado en Madrid, a veintiuno de junio de dos mil diez

Fdo. Prof. D. Jesús Calatayud Sierra



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**D. JOSÉ MARÍA VEGA DEL BARRIO, PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA II (ODONTOLOGÍA CONSERVADORA) DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.**

**CERTIFICA:** Que **D. GILBERTO DE JESÚS HERRERA MARTÍNEZ**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo de investigación titulado **Valoración “in vitro” de las fuerzas de adhesión de un sistema adhesivo convencional y otro autograbante en esmalte de dientes temporales y permanentes**, que considero reúne las condiciones exigibles para su defensa y optar al grado de Doctor en Odontología.

Y para que así conste, expido el presente certificado en Madrid, a veintiuno de junio de dos mil diez

Fdo. Prof. D. José María Vega del Barrio



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**DÑA. INMACULADA CASADO GÓMEZ, PROFESORA CONTRATADA DOCTOR DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA IV (PROFILAXIS, ODONTOPEDIATRÍA Y ORTODONCIA) DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.**

**CERTIFICA:** Que **D. GILBERTO DE JESÚS HERRERA MARTÍNEZ**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo de investigación titulado **Valoración “in vitro” de las fuerzas de adhesión de un sistema adhesivo convencional y otro autograbante en esmalte de dientes temporales y permanentes**, que considero reúne las condiciones exigibles para su defensa y optar al grado de Doctor en Odontología.

Y para que así conste, expido el presente certificado en Madrid, a veintiuno de junio de dos mil diez

Fdo. Prof. Dña. Inmaculada Casado Gómez

*Esta Tesis se lo dedico a mis padres y hermanos,  
Por su amor, comprensión y apoyo incondicional*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Prof. D. Jesús Calatayud Sierra por su interés en todo mi proceso evolutivo universitario, por la introducción a los conceptos metodológicos y su aplicación práctica a través especialmente en ésta Tesis Doctoral.

Al Prof. D. José María Vega del Barrio por su orientación, paciencia y aportación de conocimientos en materiales dentales y técnicas prácticas y científicas en laboratorio de investigación.

A la Prof. Dña. Inmaculada Casado Gómez por su aportación de conocimientos científicos-epidemiológicos, orientación personal-profesional en el campo de la investigación.

Al personal de la Biblioteca de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid por facilitarme gentilmente la búsqueda del material científico.

Al Departamento de Informática de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid por facilitarme las herramientas necesarias para llevar a cabo la organización metodológica.

Al Ingeniero en Informática Manuel Ubieda por el aporte de sus conocimientos, asesoramiento y paciencia en la realización de la documentación digital.

Y a todos aquellos, que de una forma o de otra, colaboraron para que la realización de ésta Tesis Doctoral fuera posible.



## ÍNDICES

<b>I. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1. DIENTES TEMPORALES.....	8
1.1 <i>Propiedades físicas del esmalte</i> .....	8
1.2. <i>Composición química del esmalte</i> .....	9
1.3. <i>Estructura del esmalte</i> .....	10
1.3.1. <i>Unidad estructural básica</i> .....	11
1.3.2. <i>Unidad estructural secundaria</i> .....	13
2. DIENTES PERMANENTES.....	17
2.1 <i>Propiedades físicas del esmalte</i> .....	17
2.1 <i>Composición química</i> .....	21
2.3. <i>Estructura del esmalte</i> .....	21
2.3.1. <i>Unidad estructural básica</i> .....	22
2.1.4. <i>Unidad estructural secundaria</i> .....	25
3. ADHESIÓN.....	29
3.1. <i>Fuerza de adhesión</i> .....	32
3.2. <i>Adhesión a esmalte</i> .....	33
3.3. <i>Sistemas adhesivos</i> .....	34
<b>III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>37</b>
<b>IV. MATERIALES Y METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
1. MUESTRAS.....	40
2. MATERIALES .....	42
3. METODOLOGÍA.....	45
3.1. <i>Procedimiento adhesivo</i> .....	47
3.2. <i>Prueba de adhesión</i> .....	50
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	53
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
1. <i>COMPARACIÓN ENTRE SOLOBOND Y FUTURABOND</i> .....	55
<i>Tabla 3</i> .....	56
<i>GRÁFICO 1</i> .....	57
<i>GRÁFICO 2</i> .....	57
2. <i>COMPARACIÓN ENTRE DIENTES TEMPORALES Y PERMANENTES</i> .....	58
<i>Tabla 4</i> .....	58
<i>GRÁFICO 3</i> .....	59
<i>GRÁFICO 4</i> .....	59
3. <i>COMPARACIÓN GLOBAL DE LOS CUATRO GRUPOS</i> .....	60
<i>Tabla 5</i> .....	61
<i>GRÁFICO 5</i> .....	61
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>VIII. RESUMEN .....</b>	<b>77</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>86</b>
<i>Tabla 1</i> .....	87
<i>Tabla 2</i> .....	88

## **I. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

Durante las pasadas décadas, la odontología restauradora ha sido testigo de algunos descubrimientos capitales, hasta el punto de que muchos procedimientos de rutina en la práctica dental moderna ha cambiado considerablemente la forma como se habían realizado durante más de medio siglo.

Las reglas básicas convencionales de la odontología restauradora que aún se enseñan en la mayor parte de las escuelas dentales modernas incluyen los objetivos de: eliminación del tejido cariado y preparación de la cavidad con una forma específica. La forma y dimensiones de la preparación están diseñadas para contribuir a la resistencia contra las fuerzas funcionales, así como para contrarrestar el desplazamiento del material de restauración respecto al diente (retención). Otra característica tradicional del diseño de cavidades, la extensión preventiva, se ha ido haciendo menos popular en años recientes pero aún, se utiliza en muchas aplicaciones.

Tradicionalmente, la retención del material de restauración dependía de socavados mecánicos realizados al preparar la cavidad. Este sistema, que todavía constituye la base de la retención de la amalgama de plata y otras restauraciones, no ofrece una alineación microscópica perfecta del material de restauración con las paredes de la cavidad; de hecho, puede existir una solución de continuidad entre la estructura dentaria y el material restaurador. Esta solución de continuidad llega a ser a veces lo bastante grande para permitir que la saliva, y las bacterias penetren en el espacio, dando lugar a microfiltraciones. Las restauraciones de amalgama sobreviven a través de la formación de capas de corrosión autosellantes en la interfase entre el diente y la restauración. Las restauraciones indirectas funcionan gracias al uso de cementos para el sellado y la retención. Pero las resinas del color del diente son malas candidatas para

restauraciones que dependan de la retención mecánica. La retracción debida a la polimerización y la falta de sellado constituyen claras desventajas.<sup>1</sup>

Podemos remontarnos a los años cuarenta con la invención de los sistemas iniciadores-aceleradores Redox, y la creación de obturaciones con resinas, como los primeros pasos en la adhesión dental. Sin embargo es el trabajo de Buonocuore en 1955 sobre el grabado del esmalte el que marca el inicio de la gran revolución adhesivo-dental. Con el advenimiento del grabado del esmalte como sistema de retención, se han abierto nuevas posibilidades restauradoras con resinas. En consecuencia, las normas para la preparación de cavidades se modificaron para adaptarse a esta nueva forma de retención.<sup>2</sup>

Como la penetración de la resina en las irregularidades microscópicas del esmalte grabado da lugar a una retención digna de confianza, ya no es necesario recurrir al tallado de surcos ni a la retención mecánica para asegurar la permanencia de la restauración. Se ha iniciado una nueva era de “Odontología adhesiva” mediante procedimientos restauradores basados en resinas con relleno combinadas con retención por grabado ácido. La “adhesión” al esmalte resulta firme, consistente, segura y duradera, dando lugar a un sellado excelente además de lograr la retención. Un beneficio adicional de este avance es la oportunidad de conservar tejido, ya que se reduce su eliminación para la retención mecánica, así como un aumento de la capacidad de conseguir restauraciones estéticas que se integran bien con la estructura dental restante.<sup>3</sup>

En 1962 Bowen desarrolló el Bisfenol-Glicidil-Metacrilato (BIS-GMA) y la primera resina compuesta químicamente activable que hace viable la adhesión al esmalte grabado.<sup>4</sup> La utilización de compósitos empieza a extenderse a partir de 1970 con la aparición del BIS-GMA activable mediante luz ultravioleta, lo cual simplificó el manejo de estos materiales adhesivos y estéticos.<sup>5</sup>

Estos avances han cambiado todavía más la naturaleza de las preparaciones de cavidades de elección para el uso de resinas restauradoras. Se ha introducido tal grado de confianza en términos de retención y sellado que el proceso de la preparación es muy conservador y, a menudo, el tallado mecánico se obvia totalmente, y el material restaurador se mantiene solamente por la retención adhesiva.<sup>6</sup>

La justificación del presente trabajo trata de aportar más información sobre un nuevo adhesivo autograbante a esmalte de dientes temporales y permanentes.

## II. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos, al igual que la mayoría de los mamíferos, se caracterizan por poseer dos tipos de dientes, temporales y permanentes, que surgen como consecuencia de dos denticiones. Los dientes temporales se diferencian de los permanentes por su forma, tamaño y también porque los primeros presentan ciertas particularidades en su estructura histológica que deben ser tenidas en cuenta para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la patología dentaria en la infancia. Los procesos de desarrollo en ambos tipos de dientes pueden ser sucesivos como ocurre, por ejemplo, en la mineralización de la corona que en los dientes primarios comienza intrauterinamente y se completa poco después del nacimiento. En los permanentes la mineralización comienza en el momento del nacimiento excepto los primeros molares que inician la mineralización (intraútero). Este hecho tiene una importante significación clínica, pues la mineralización de la corona de los dientes primarios suele afectarse por alteraciones sistémicas prenatales, mientras que la mineralización de los permanentes por trastornos sistémicos postnatales. Por otra parte, en determinadas localizaciones en ambos tipos de dientes y en un espacio muy reducido se dan de forma simultánea procesos biológicos opuestos, como por ejemplo la resorción de la raíz de un diente primario, para favorecer su exfoliación y la formación de la raíz del diente permanente que ha de sustituirlo.

El espesor del esmalte de los dientes deciduos es la mitad del que existe en los permanentes y varía de acuerdo con las distintas zonas de la corona. En las cúspides o bordes incisales el espesor es de aproximadamente 1,5 mm, reduciéndose progresivamente en las caras libres y proximales hasta llegar a 0 ó 0,5 mm en la unión amelocementaria.<sup>7</sup>



En odontopediatría muchas veces nos encontramos frente a situaciones específicas, cuando debido a la alta actividad cariogénica, los niños presentan grandes destrucciones coronarias, además de la necesidad de restauraciones en corto espacio de tiempo.<sup>8</sup>

La intención de preservar la máxima cantidad de estructura dental sana, de conseguir la máxima biocompatibilidad y una estética adecuada, ha facilitado que los materiales estéticos poco a poco vayan ocupando un lugar preponderante en la odontología actual, a pesar de que los resultados de los estudios clínicos a largo plazo de estos materiales no son concluyentes.<sup>9</sup>

Actualmente en el siglo XXI a pesar de los grandes adelantos tecnológicos en el área de los materiales dentales, no se ha descifrado una técnica de restauración adhesiva totalmente predecible; las técnicas adhesivas con las que se cuentan hoy en día son sensibles en cada una de sus fases clínicas, por lo tanto, es importante conocer y manejar una serie de variables que permitan optimizar los resultados clínicos, entre las que se encuentra la hibridación eficaz con el tejido dental.<sup>10</sup>

Los sistemas adhesivos autograbantes son una alternativa al grabado convencional con ácido fosfórico, permitiendo eliminar los pasos de lavado y secado, y con ello la posibilidad de desecación o exceso de humedad de la dentina, decisivos en los resultados de la adhesión. Los autograbantes combinan en un envase el monómero ácido hidrofílico (MDP), etanol y agua, permitiendo la penetración y grabado del esmalte.<sup>11</sup>

### 1. DIENTES TEMPORALES

La primera dentición está constituida por 20 elementos dentarios que reciben la denominación de dientes primarios o deciduos, denominándose también a estos dientes, dientes temporales, dientes caducos o dientes de leche.

#### 1.1 Propiedades físicas del esmalte

En relación a la *dureza* se admite que la del esmalte de los dientes primarios es ligeramente inferior a la del esmalte de los dientes permanentes.

En relación con la *permeabilidad* se acepta que ésta es mayor en el esmalte del diente primario que en el permanente debido, fundamentalmente, a su menor espesor. Esta particularidad se aprovecha para incorporar, mediante topicaciones, el ión flúor al cristal de hidroxiapatita, dando lugar a la fluorapatita que vuelve más resistente el esmalte a la acción de los ácidos generados por los microorganismos de la caries. La incorporación de flúor produce cambios favorables en los cristales del esmalte: los hace más pequeños, menos solubles a los ácidos y aumenta su velocidad de remineralización.

La *radioopacidad* del diente primario es ligeramente inferior a la del diente permanente, posiblemente en virtud de variaciones en la distribución del componente mineral. Mientras que en los dientes permanentes las sales minerales representan hasta el 92% del volumen dental, en los dientes temporales solo constituyen el 86-88%.<sup>7, 12</sup>

El *color* del diente primario es blanco-azulado o blanco-grisáceo, estando dicha tonalidad en relación con el menor espesor de las estructuras y el grado de mineralización. El carácter más blanquecino y opaco del esmalte primario respecto del permanente se debe a que la mayor parte del esmalte primario se forma en la etapa prenatal y no está sometido a los factores locales o ambientales del medio bucal.<sup>7</sup>

El volumen poroso es del 0,1 al 0,2 % en los dientes permanente y del 1 al 5 % en los molares temporales. Como consecuencia de este menor contenido en minerales y del elevado volumen poroso, es de suponer que el esmalte de los dientes temporales contiene más materia orgánica que el de los dientes permanentes, lo cual, en determinadas circunstancias, implica una mayor susceptibilidad del esmalte de los primeros al grabado ácido. Estas diferencias también pueden explicar que el color de la dentición temporal sea más blanco y su resistencia al desgaste, menor.<sup>12</sup>

### **1.2. Composición química del esmalte**

La composición química del esmalte de los dientes primarios no difiere significativamente de la composición de las mismas estructuras en los dientes permanentes. Sin embargo, las diferencias esenciales están en el grado de mineralización pero existen datos contradictorios. Algunos estudios indican menores concentraciones de calcio y fósforo en los dientes primarios y otros señalan valores básicamente semejantes. Los valores encontrados dependerían de las distintas técnicas utilizadas: análisis bioquímicos, difracción de rayos x, etc. Estudios bioquímicos indican que las diferencias en el contenido de calcio y fósforo entre el esmalte de dientes primarios y permanentes, expresados en g/100 de tejido seco, son: 35,0 para el

calcio y 18,5 para el fósforo en los primarios y 36,4 para el calcio y 17,4 para el fósforo en los permanentes. En el esmalte superficial, en los dientes primarios, se han identificado dos componentes esenciales pero de función antagónica: el flúor que incrementa su resistencia a los ácidos y los carbonatos más abundantes en los dientes temporales que disminuyen dicha resistencia y hacen al esmalte más susceptible a las caries.<sup>7</sup>

	<i>Calcio</i> <i>gr/100 de tejido seco</i>	<i>Fósforo</i> <i>gr/100 de tejido seco</i>
<b>Dientes Temporales</b>	35	18,5
<b>Dientes Permanentes</b>	36,4	17,4

### **1.3. Estructura del esmalte**

El esmalte tiene casi el doble de espesor en los dientes permanentes que en los dientes primarios y está fuertemente pigmentado.

Al observar con microscopía óptica, el esmalte del diente temporal muestra básicamente las mismas características que las del diente permanente. Sin embargo, existen algunas diferencias y particularidades microscópicas que deben destacarse y que se detallan a continuación:<sup>7,13</sup>

### **1.3.1. Unidad estructural básica**

Observado bajo microscopía electrónica presenta dos zonas: <sup>13</sup>

- Esmalte prismático

Los prismas, unidades estructurales y funcionales del esmalte, presentan caracteres microscópicos semejantes a los del esmalte de los dientes permanentes, pero en ningún caso alcanzan la superficie externa, pues en esta zona, y rodeando toda la corona, se encuentra el esmalte aprismático.

Al microscopio electrónico los prismas en cortes transversales se asemejan a una (gota de agua), debido a que a nivel de la cola exhiben una forma alargada y fina, a diferencia de los permanentes que ofrecen el aspecto de un “ojo de cerradura”. De acuerdo con criterios clásicos los prismas se disponen en general, perpendicularmente a la superficie externa del esmalte formando ángulos rectos en los bordes incisales o zonas de cúspides.

En la porción cervical y central de la corona los prismas se alinean en una disposición casi horizontal.<sup>7</sup>

Los estudios realizados en dientes primarios por Uribe Echevarría (1995)<sup>(14)</sup> en relación con la orientación de los prismas han demostrado:

Que en la profundidad de fosas y fisuras de las caras oclusales, los prismas terminan formando ángulos agudos, entre 67° y 70°, a diferencia de los molares permanentes, donde el ángulo es de 60° en su superficie.

Que en las cúspides los prismas forman ángulos rectos de  $90^\circ$  con la superficie externa.

Que en las zona correspondientes al tercio gingival, los prismas se orientan con la superficie externa formando ángulos obtusos hacia oclusal de aproximadamente  $120^\circ$ , mientras que en los dientes permanentes es de alrededor  $106^\circ$ .

Después de la erupción, la superficie dental sufre abrasión, pero quedan zonas libres de prismas en áreas protegidas cervical-proximales, lo cual puede tener importancia en odontología restauradora adhesiva. El espesor del esmalte temporal tiene un milímetro de promedio, la mitad del espesor que las piezas permanentes. El esmalte que se forma después del nacimiento es más pigmentado y de una calidad más irregular que el formado intraútero y su color es más blanco que el esmalte permanente.<sup>15</sup>

- Esmalte aprismático

Es una banda de esmalte que carece de prismas y que en el diente primario rodea toda la corona.<sup>7</sup>

Aparece como una zona homogénea con estriaciones laminares paralelas a la superficie, compuesta por cristales cuyos ejes ópticos están orientados de manera perpendicular a la superficie, lo que establece una diferencia entre la orientación de los prismas y los cristales de  $26^\circ$ .<sup>13</sup>

Se han sugerido dos mecanismos de formación del esmalte aprismático relacionados con la ausencia o poco desarrollo de los procesos de Tomes.

La consecuencia clínica que se deriva de la existencia del esmalte aprismático es importante; este factor junto a un mayor volumen de poros y al mayor contenido orgánico ayuda explicar resultados diferentes en las técnicas de grabado ácido.<sup>7, 15</sup>

El grabado ácido en el esmalte aprismático origina, cuando se observa con MEB (microscopio electrónico de barrido) un patrón microscópico coraliforme.<sup>7</sup>

### **1.3.2. Unidad estructural secundaria**

En el esmalte de los dientes primarios, también se observan diferentes unidades estructurales secundarias, como resultado de los cambios de recorrido de los prismas, de los diferentes grados de mineralización y de defectos en la formación del esmalte.

Es importante destacar que, a diferencia de lo que ocurre en los dientes permanentes, la superficie externa del esmalte en los dientes primarios es lisa y brillante y no se observan clínica ni anatómicamente las denominadas periquimatías.<sup>7</sup>

- **Estrías de Retzius**

Son líneas o bandas de color pardo oscuro (de ancho variable) que marcan la sucesiva aposición de capas de tejido adamantino durante la formación de la corona, por lo que reciben la denominación de líneas incrementales. El color oscuro de las estrías de Retzius está en relación con su naturaleza hipocalcificada.

Como se ha comentado previamente, la mineralización de los dientes caducos se desarrolla en parte antes y en parte después del nacimiento. El esmalte prenatal de

mineralización homogénea, probablemente debido a que la placenta hace de barrera a todas las agresiones, está separado del esmalte postnatal por una línea oscura o marrón denominada estría gigante o lineal neonatal. Dicha línea representa la huella entre ambas fases y corresponde a una estría de Retzius gigante, producto del cambio repentino en las condiciones nutritivas ambientales del recién nacido y su adaptación a la vida extrauterina. El examen microscópico revela una línea incremental de Retzius más prominente como consecuencia de la hipocalcemia en los primeros días del nacimiento. Con el MEB se observa que los prismas del esmalte cambian de recorrido a nivel de la línea neonatal. Existe asimismo a dicho nivel una disposición desordenada de los cristales. La ubicación de la línea neonatal depende del grado de desarrollo o formación de los tejidos dentarios en el momento del nacimiento y varía según los distintos grupos de dientes. Las estrías de Retzius y la línea neonatal son mucho más notables en los dientes primarios, se ubican en el tercio cervical de la corona de los incisivos y en la zona media de la corona de caninos y molares, con un espesor promedio de 10-20  $\mu\text{m}$ , apreciándose allí cambios en orientación prismática y menos concentración cristalina, siendo más marcada en niños prematuros. Se presenta en el esmalte de todos los dientes deciduos y en los primeros molares permanentes. La línea neonatal es detectable solo histológicamente. Cuando la misma se hace muy evidente en forma microscópica es porque, probablemente, haya ocurrido un trauma durante el nacimiento (sufrimiento fetal) o algún tipo de alteración metabólica durante su adaptación extrauterina.

En las caras laterales de la corona se dirigen oblicuamente a la superficie externa, sin manifestarse en ella como surcos o líneas de imbricación, como ocurre en los dientes permanentes. Su ausencia puede relacionarse y explicarse desde el punto de vista



histológico, ya que las estrías de Retzius no llegan a la superficie coronaria, debido a la existencia en la periferia de la corona de una zona externa libre de prismas.

Estudios en molares primarios ponen de relieve que las estrías de Retzius son escasas y poco acentuadas en el esmalte postnatal y están ausentes en el esmalte prenatal.<sup>7, 13, 15</sup>

- Laminillas o microfisuras del esmalte

Son microdefectos estructurales que tienen lugar entre los prismas del esmalte. Su recorrido puede ser tortuoso o rectilíneo y su extensión es variable, pudiendo llegar o atravesar la CAD (conexión amelodentinaria).

Las fisuras ocurren regularmente en el límite, entre los centros amelogenético, en la región de las cúspides en molares temporales como permanentes y premolares. Cuando dos o más centros empiezan a fusionarse, un valle se forma entre ellos, el cual puede ser superficial o profundo dependiendo de la cercanía entre los centros y del espesor del esmalte en las cúspides en formación.

En un molar puede haber grandes variaciones en la profundidad de las fisuras (40-1220  $\mu\text{m}$ ), en el ángulo de entrada (35-100°), ancho (6-180  $\mu\text{m}$ ) y espesor de esmalte en la base o distancia del límite amelodentinario (110-1440  $\mu\text{m}$ ). Una sonda puede subestimar la profundidad de la fisura entre 50-75%.

Su importancia clínica radica en que estos microdefectos estructurales constituyen verdaderas brechas, por donde pueden introducirse bacterias que contribuyen a la

formación de caries. En el esmalte primario existen numerosos microdefectos especialmente a nivel de fosas o fisuras de los molares, que pueden llegar a comunicar el complejo dentinopulpar con la superficie externa y, por ende, con el medio bucal.

En la clínica deben tenerse en cuenta estos microdefectos cuando se realiza la técnica del grabado ácido (para selladores de fosas o fisuras o restauraciones con resinas compuestas), para evitar lesionar el tejido pulpar cuando se expone demasiado tiempo a la acción del ácido grabador. El profesional de la odontología deberá equilibrar el método empleado, teniendo en cuenta por una parte la presencia de estas estructuras, el menor espesor del esmalte, la amplitud de la cámara pulpar con cuernos pulpares acentuados, y por otra parte la existencia de la capa aprismática que requiere un mayor tiempo de grabado.<sup>7, 15</sup>

- Husos adamantinos

En los dientes primarios los husos adamantinos y los túbulos remanentes (o penetrantes) existen en una proporción mayor por densidad de área en el tercio interno del esmalte cuspídeo. La presencia de los mismos está relacionada con la histofisiología pulpar en su función sensorial o sensitiva, no obstante clínicamente se considera que tienen menor sensibilidad que los dientes permanentes, por su menor grado de maduración nerviosa.<sup>7, 13</sup>

- Bandas de Hunter-Schreger

Se presentan como bandas alternas oscuras y claras de ancho variable que se observan en cortes longitudinales por desgaste y con luz reflejada o incidente. Estas bandas se localizan en los dientes anteriores primarios cerca de las superficies incisales, mientras que en los molares predominan en el tercio medio y cervical. Se visualizan

desde la CAD (conexión amelodentinaria) hasta la unión del tercio interno con el tercio medio del esmalte y su origen está en la distinta orientación que presentan los prismas.<sup>7</sup>

## **2. DIENTES PERMANENTES**

La segunda dentición está constituida por 32 elementos dentarios que reciben la denominación de dientes secundarios o definitivos, denominándose también, dientes permanentes.

### **2.1 Propiedades físicas del esmalte**

El esmalte forma una cubierta protectora de grosor variable sobre la superficie completa de la corona. En las cúspides de los molares y premolares de los humanos el esmalte alcanza un *espesor* máximo de 2 a 2,5 mm, adelgazándose tanto como el filo de un cuchillo a nivel del cuello. La forma y el contorno de las cúspides provienen del moldeado final en el esmalte.

Debido a su elevado contenido en sales minerales y su organización cristalina, el esmalte es el tejido calcificado de mayor *dureza* en el cuerpo humano. La función del esmalte es formar una cubierta resistente en los dientes, adaptándolos de manera conveniente para la masticación. Cuando el esmalte pierde su base de dentina sana, la estructura y la dureza del esmalte se torna quebradiza.<sup>16</sup>

Presenta una **dureza** que corresponde a cinco en la escala de Mohs (escala de uno a diez que determina la dureza de ciertas sustancias), es equivalente a la apatita. La dureza adamantina decrece desde la superficie libre a la conexión amelodentinaria o sea que está en relación directa con el grado de mineralización. Algunos autores basándose en que el esmalte es anisótropo (las propiedades físicas y mecánicas varían según la orientación de los cristales) y utilizando técnicas de nano-indentación asociadas a la microscopia de fuerza atómica, encuentran diferencias en los valores medios de dureza al medir los prismas en dirección paralela o en dirección perpendicular. Las variaciones observadas en la microdureza del esmalte estarían dadas por la diferente orientación y cantidad de cristales en las distintas zonas del prisma.

La **elasticidad** es muy escasa pues depende de la cantidad de agua y de sustancia orgánica que posee. Por ello es un tejido frágil, con tendencia a las macro y microfacturas, cuando no tienen apoyo dentinario elástico. Es importante tenerlo presente al tallar las paredes cavitarias: para que no queden sin el soporte dentinario correspondiente. La elasticidad es mayor en la zona del cuello de los prismas por el mayor contenido en sustancia orgánica.<sup>7</sup>

El **color** de la corona cubierta de esmalte varía entre un blanco amarillento y un blanco grisáceo. Se ha sugerido que el color estaría determinado por diferencias de translucidez del esmalte, y que los dientes blanco amarillentos poseen un esmalte delgado, translucido a través del cual puede verse el color amarillo de la dentina y que los dientes grisáceos tendrían un esmalte más opaco. La transparencia podría atribuirse a variaciones del grado de calcificación y homogeneidad del esmalte. A mayor mineralización, mayor translucidez. Esta propiedad permite estudiar las áreas

descalcificadas por caries mediante transiluminación con fibra óptica, ya que el esmalte difunde la luz blanca según su grado de mineralización.<sup>7, 16</sup>

A menudo, los dientes grisáceos muestran un color ligeramente amarillento en las áreas cervicales, supuestamente debido a que la delgadez del esmalte permite que la luz llegue a la dentina amarilla subyacente, y sea reflejada. Las áreas incisales pueden tener una tonalidad azulada, donde el delgado borde consiste solamente en una doble capa de esmalte.<sup>16</sup>

Las anomalías de desarrollo y mineralización, pigmentaciones extrínsecas, antibióticoterapia, y excesivo fluoruro pueden alterar el color natural de los dientes.<sup>17</sup>

Su *permeabilidad*, se ha visto por medio de marcadores radioactivos que el esmalte puede actuar en cierto sentido como una membrana semipermeable, lo cual permite el paso total o parcial de ciertas moléculas.<sup>16</sup>

Se ha sugerido que existen vías submicroscópicas de transporte molecular. El agua actuaría como agente transportador de iones en la matriz adamantina. Se aprovecha este sistema submicroscópico de poros para llevar a cabo el primer nivel de prevención, con el aporte de fluoruros por topificaciones, geles o pastas fluoradas.

Los iones de flúor sustituyen los grupos hidróxilos del cristal de apatita y lo tornan menos soluble a los ácidos, lo que hace más resistente la superficie externa del esmalte al ataque de la caries.

Otras investigaciones nos aportan que el esmalte posee la propiedad de una captación continua de ciertos iones o de moléculas existentes en la saliva. Esto sólo ocurre en un pequeño espesor de la superficie (30µm), mecanismo conocido como remineralización. La propiedad de semipermeabilidad es muy reducida en los dientes de personas ancianas.<sup>7</sup>

Cuando un diente se deshidrata, debido a la respiración bucal nocturna o mediante el aislamiento con dique de goma durante el tratamiento dental, los microporos vacíos hacen que el esmalte tenga apariencia tizosa y un color más claro. La condición es rápidamente reversible con un ambiente oral de “humedad” normal. Diferentes fluidos, iones, y sustancia de bajo peso molecular, ya sean perjudiciales, fisiológicos o terapéuticos, pueden difundirse a través del esmalte semipermeable. Por lo tanto, la dinámica de desmineralización ácida, caries, reprecipitación o remineralización, captación de flúor, y terapia vital de blanqueamiento no están limitadas a la superficie de contacto pero son activas en tres dimensiones.<sup>17</sup>

La **radioopacidad** (oposición al paso de los rayos x), es muy alta en el esmalte, ya que es la estructura más radiopaca del organismo humano por su alto grado de mineralización. En radiografías dentales aparece como un capuchón blanco y en ellas, las zonas afectadas por caries son detectables por tener disminuida la radioopacidad observándose una radio lucidez de tonalidad gris oscura debido a la alteración y descalcificación del área afectada.<sup>7</sup>

### 2.1 Composición química

El esmalte es una estructura cristalina altamente mineralizada que contiene un 95-98% de materia *inorgánica* en su peso. La hidroxiapatita, en forma de retícula cristalina, es el principal componente mineral y representa el 90-92% del volumen. Otros minerales y oligoelementos están presentes en menores cantidades. Los demás componentes del esmalte dental son una parte *orgánica* (1-2% del peso) y una parte de *agua* (4% del peso).<sup>18</sup>

Cuando se aplica una solución ácida (ácido fosfórico, láctico, cítrico), sobre la superficie del esmalte, esta es capaz de desmineralizar y disolver la matriz *inorgánica* de los prismas o varillas adamantinas (unidad estructural del esmalte), creando poros, surcos y/o grietas micrométricas; además, la sustancia ácida aplicada limpia la superficie y aumenta la energía superficial, facilitando que los microporos o surcos generados puedan ser mojados y penetrados por una resina de enlace (Tags de resina), la cual quedará retenida físico-mecánicamente en el interior de los mismo.<sup>19, 20</sup>

### 2.3. Estructura del esmalte

El esmalte se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Deriva del ectodermo.
- Su matriz orgánica es de naturaleza no colágena.
- Sus cristales de hidroxiapatita son mucho más grandes que los otros tejidos calcificados.

En el esmalte maduro humano no hay células ni prolongaciones celulares. Las células se pierden durante la erupción, y por ello no se puede elaborar nuevo esmalte por aposición después de la erupción, o sea, no hay crecimiento del esmalte maduro.

Las vesículas de la matriz en calcificación limitadas por membrana no participan en el proceso de calcificación del esmalte.

Estas características, así como otras más sutiles, hacen que el esmalte humano maduro sea único entre todos los tejidos calcificados.<sup>21</sup>

Aunque el esmalte es el tejido más duro del organismo, es muy ligeramente permeable a líquidos, bacterias y productos bacterianos de la cavidad bucal. El esmalte muestra fisuras, grietas y espacios microscópicos dentro y entre los prismas y cristales, que permiten la penetración.<sup>22</sup>

### **2.3.1. Unidad estructural básica**

A continuación se estudian sucesivamente los caracteres estructurales del esmalte prismático y del esmalte aprismatico.<sup>7</sup>

- **Esmalte prismático**

En los antiguos tratados de histología, el prisma de esmalte se describía como un cuerpo de 5 o 6 caras, que en un corte transversal aparecía formando un pavimento separado por vainas interprismaticas.



Si bien esta estructura geométrica puede hallarse en algunos mamíferos, las observaciones más recientes de microscopia óptica y electrónica permiten efectuar otra descripción.

Lo que se observa en un corte transversal es una serie de cúpulas circulares que terminan en una base irregular, ubicadas en hileras superpuestas. Algunos autores afirman que el prisma tiene forma de ojo de cerradura porque toman en consideración tanto la cúpula circular como la base que se confunde entre las dos cúpulas circulares de la hilera ubicada más abajo. Para ellos, no habría sustancia interprismática. Otros autores dicen que el prisma tiene forma circular e irregular, con la cúpula o cabeza más o menos bien definida y la base o cola en forma de V o línea irregular, separada de los otros prismas por la sustancia interprismática. Dentro del prisma los cristales no son paralelos. En la región de la cabeza están orientados con sus ejes longitudinales paralelos al eje del prisma. En cambio, en la región de la cola su dirección es oblicua y hasta perpendicular al eje longitudinal. Esto se advierte claramente en los cortes de esmalte vistos con microscopio electrónico.

Deben tenerse en cuenta que no se trata de dos teorías diferentes, sino de dos interpretaciones distintas de una misma observación.

La microscopia electrónica ha permitido investigar la sustancia interprismática y se ha llegado a la conclusión de que posee el mismo grado de mineralización de cristales de hidroxiapatita que el cuerpo del prisma. Por lo tanto, es preferible hablar de área interprismática. Dado que no se puede negar la existencia de esta área interprismática

sería mejor describir la estructura adamantina como formada por prismas de sección aproximadamente circular, sin olvidar que la región interprismática tiene el mismo contenido mineral que el prisma.<sup>13</sup>

- Esmalte aprismático

Es material adamantino carente de prismas. Se localiza en la superficie externa del esmalte prismático y posee un espesor de 30µm. Algunos autores extienden el espesor del esmalte aprismático hasta las 100µm. El esmalte aprismático está presente en todos los dientes primarios (en la zona superficial de toda la corona) y en el 70% de los dientes permanentes. En estos últimos, se encuentran ubicados en mayor medida en las regiones cervicales y en zonas de fisuras y microfisuras y, en menor medida, en las superficies cúspideas.

El esmalte aprismático que se forma en la región cervical y la zona media de la corona sigue fundamentalmente un patrón de formación **tipo R** (Retzius-dependiente), mientras que el esmalte aprismático que se forma en las superficies oclusales y cúspides siguen un patrón de formación **tipo P** (Prisma-dependiente).

El esmalte aprismático representa un serio inconveniente desde el punto de vista clínico cuando se utiliza el grabado ácido, pues no se logran las microretenciones (al no existir los prismas) y por ello se aumenta el tiempo de grabado o se elimina el esmalte periférico.<sup>7</sup>

### **2.1.4. Unidad estructural secundaria**

Se definen como aquellas estructuras o variaciones estructurales que se originan a partir de las unidades estructurales primarias como resultado de varios mecanismos: el diferente grado de mineralización, el cambio en el recorrido de los prismas y la interrelación entre el esmalte y la dentina subyacente o la periferia medioambiental.<sup>7</sup>

- **Estrias de Retzius**

El esmalte se va formando gradualmente y las estriaciones cruzadas que se observan en los prismas pueden representar los incrementos diarios de la síntesis de matriz, mientras que las estrías de Retzius corresponden probablemente a los incrementos producidos cada 7-10 días. Cuando las estrías de Retzius alcanzan la superficie (sobre todo en la región cervical) forman unos surcos o depresiones claramente diferenciadas que reciben el nombre de periquimatas del esmalte. Estas formaciones discurren en círculo alrededor de la corona, proporcionando una textura superficial rugosa.<sup>23</sup>

- **Penachos adamantinos**

Se encuentran en mayor número debajo de superficies que tienen una convexidad más pronunciada. No cruzan todo el esmalte, apenas un tercio de su grosor. Como su nombre indica, tiene aspecto de matas de pasto o cabellos y tanto su forma como su recorrido son muy irregulares.

Una posible explicación se basa en el fenómeno físico-químico de contracción que ocurre cuando una sustancia pasa del estado líquido al sólido. El calcio iónico,

segregado por los ameloblastos, al pasar al estado sólido en los cristales, producirá una contracción, que determinara un ensanchamiento de la vaina de los prismas.

Por lo general los penachos siguen la misma dirección que los prismas. Estas zonas tienen menor contenido calcico y son más permeables que el resto del esmalte.<sup>13</sup>

- Bandas de Hunter-Schreger

Son bandas oscuras y claras alternadas de anchos variados que se observan mejor en un corte longitudinal por desgaste bajo luz oblicua reflejada. Se originan en el borde amelodentinario y se dirigen hacia fuera, terminando a cierta distancia de la superficie externa del esmalte. Algunos investigadores sostienen que existen variaciones de la calcificación del esmalte que coinciden con la distribución de las bandas de Hunter-Schreger. La cuidadosa descalcificación y coloración del esmalte ha proporcionado nuevas pruebas de que estas estructuras podrían no ser únicamente consecuencia de un fenómeno óptico sino que están compuestas por zonas alternadas que tienen una permeabilidad ligeramente diferente y distinto contenido de material orgánico.<sup>16</sup>

- Esmalte Nudoso

En las cúspides del diente, donde los prismas se orientan principalmente en un plano vertical, el carácter ondulante de los prismas individuales da origen al esmalte nudoso, en que los prismas aparecen torcidos y contorneados uno alrededor de otro en las caras cuspídeas de la unión dentina-esmalte. Este carácter nudoso del tejido puede ser una mejor indicación de que durante las primeras fases de la amelogénesis los ameloblastos se retiran (inicialmente) en un trayecto muy irregular.<sup>21</sup>

- Conexión amelo-dentinaria (CAD)

La superficie de la dentina en la unión amelo-dentinaria está perforada. Dentro de las depresiones poco profundas, la dentina se ajusta rodeando las prolongaciones del esmalte. Esta relación asegura la firme retención del esmalte sobre la dentina. Por lo tanto, en los cortes aparece la unión amelo-dentinaria no como una línea recta sino festoneada. Las convexidades de las ondas están dirigidas hacia la dentina. La unión amelo-dentinaria festoneada está formada aun antes del desarrollo de los tejidos duros y es evidente en la organización de los ameloblastos y la membrana basal de la papila dentaria.

En microradiografías de cortes por desgaste puede demostrarse a veces en la unión amelo-dentinaria una zona hipermineralizada de 30µm de espesor, aproximadamente. Es más evidente antes de completarse la mineralización.<sup>16</sup>

- Husos adamantinos

A veces, las prolongaciones de los odontoblastos pasan a través del límite amelo-dentinario hacia el esmalte, dado que muchas de ellas están engrosadas en sus extremos. Parecen originarse en los procesos de los odontoblastos que se han extendido hasta el epitelio del esmalte antes de que las sustancias duras fueran diferenciadas. La dirección de los procesos de los odontoblastos y de los husos en el esmalte corresponde a la dirección original de los ameloblastos: en ángulos rectos hacia la superficie de la dentina. Dado que los prismas del esmalte se forman en ángulo con el eje de los ameloblastos, la dirección de los husos y los prismas es divergente. En cortes por desgaste de dientes secos el contenido orgánico de los husos se desintegra y es remplazado por aire, y los espacios aparecen oscuros con la luz transmitida.<sup>16</sup>

- Periquimatis

Están producidas por las terminaciones de grupos de prismas acentuadas por la oscilación de los ameloblastos antes que el siguiente grupo de prismas contacte con la superficie del esmalte. Esta manifestación es más prominente en la cara vestibular del diente, cerca de la región cervical.<sup>22</sup>

Las periquimatis son más marcadas en los dientes permanentes recién erupcionados y tienen tendencia a desaparecer con la edad como consecuencia del desgaste fisiológico; es por ello que las personas de edad presentan un esmalte de superficie lisa.<sup>7</sup>

- Fisuras o surcos del esmalte

Son invaginaciones de morfología y profundidad variable que se observan en la superficie del esmalte de premolares y molares.

El estudio con microscopia electrónica analítica ha puesto de relieve que el contenido de calcio de las paredes de la fisura es menor que en el resto del esmalte (aéreas hipocalcificadas), dato de importancia clínica a la hora de usar selladores que requieran del grabado ácido previo.

El origen de las fisuras o surcos se debe a una coalescencia incompleta de los lóbulos cuspidados (centros de morfogénesis coronaria) donde la actividad ameloblástica se desarrolla en forma independiente y luego se fusionan.<sup>7</sup>

- Laminillas o microfisuras

Son defectos laminares muy finos que existen entre grupos de bastoncillos y van desde la superficie del esmalte hacia la unión dentina-esmalte, llegando a veces hasta la

dentina. Contienen fundamentalmente materia orgánica, y forman una zona más débil que favorece la penetración bacteriana en el diente y el desarrollo de caries dental.<sup>18</sup>

A este respecto se ha demostrado claramente, en las laminillas, el paso de fluidos en ambas direcciones a través de ellas, por lo que el posible sellado o remineralización de las microfisuras podría prevenir la extensión de la caries.<sup>7</sup>

### **3. ADHESIÓN**

Probablemente, el fenómeno de adhesión es el proceso que más ha revolucionado la odontología en las últimas décadas. Adhesión, es aquel mecanismo que mantiene dos o más sustratos unidos (similares o diferentes), sin que se separen; se logra principalmente a través de dos mecanismos:<sup>10</sup>

**Químico:** mediante la atracción interatómica entre dos o más estratos a través de enlaces iónicos, covalentes y enlaces secundarios como podrían ser las fuerzas de Van der Waals, fuerzas polares, puentes de hidrogeno, quelación y fuerzas de dispersión.<sup>20, 23</sup>

**Físico:** Este mecanismo de adhesión también se conoce como sistema de retención mecánica, se logra a través de los efectos geométricos y estructurales entre los sustratos adherentes.<sup>23</sup>

Durante los últimos treinta años los odontólogos se han enfrentado a un continuo y rápido cambio de los materiales adhesivos. Este movimiento se inicia con la

comercialización de la primera resina dental de uso directo en los años 60, seguido de la introducción en la práctica clínica de la técnica de grabado ácido; desde entonces las resinas compuestas (composite), las estrategias de unión al substrato dental y los agentes promotores de adhesión han progresado significativamente.<sup>10</sup>

Según Van Meerbeek (2002), el fenómeno de adhesión es escénicamente un proceso de remoción de minerales (Calcio, fosfatos) e infiltración de monómeros resinosos in situ, con la finalidad de crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental, sellar los túbulos dentinales y así mantener la homeostasis del medio interno del complejo dentinopulpal.<sup>24</sup>

Puede decirse que la técnica de adhesión al esmalte está perfectamente desarrollada y sus resultados ampliamente contrastados. En cambio la adhesión a la dentina no está resuelta todavía.<sup>25</sup>

El futuro de la odontología restauradora está en la resistencia de los adhesivos. Un adhesivo es una sustancia que mantiene juntas o une la superficie de dos materiales. Puede producirse una unión química en el plano atómico o molecular, o un engranaje mecánico o micromecánico. En la consulta normalmente se combinan ambos mecanismos. Un punto de discusión importante consiste en el reparto de las fuerzas de adhesión basadas en principios químicos o mecánicos.

En la odontología se emplea con frecuencia el término bonding, que comprende ambos mecanismos adhesivos. Puesto que muchas técnicas adhesivas dan más importancia a las fuerzas micromecánicas, el término bonding se usa con más



frecuencia que el término adhesión. Un ejemplo de unión micromecánica es la técnica de grabado ácido del esmalte, en la que el adhesivo penetra en las irregularidades de la superficie. Esto sólo es posible cuando el adhesivo moja completamente la superficie.

El objetivo de la odontología adhesiva es una adhesión combinada fisicoquímica que conduzca a una unión entre la sustancia dentaria y el adhesivo a través de los mecanismos siguientes:

- Atracción electrostática entre moléculas polarizadas (dipolos).
- Enlaces de puentes de hidrógeno.
- Enlaces químicos verdaderos (enlace covalente o iónico).

Los enlaces de puentes de hidrógeno son muy inestables en un medio acuoso. Por ello el objetivo es conseguir enlaces covalentes o iónicos, considerablemente más estables.<sup>26</sup>

Los procedimientos de restauración dental requieren la unión de los materiales restauradores a la estructura dentaria. El uso de la adhesión y de los materiales adhesivos es lo más lógico para conseguir retención en la cavidad oral. La adhesión precisa ciertas condiciones que no se dan fácilmente en el medio oral. Por ejemplo, la adhesión es óptima sobre superficies relativamente lisas, secas, limpias y homogéneas. La estructura dental es heterogénea, habitualmente húmeda, cubierta de películas orgánicas, y bañada constantemente por la saliva.<sup>1</sup>

En forma similar a lo explicado sobre la adhesión a tejidos dentarios, para lograr la adhesión a otras superficies, se debe preparar en forma adecuada la superficie sobre la

cual se adherirá y utilizará un adhesivo que la moje, la penetre en las mínimas irregularidades, disminuya su tensión superficial, se endurezca totalmente en corto tiempo, no se contraiga y posea suficiente resistencia a las fuerzas de despegamiento.<sup>13</sup>

### **3.1. Fuerza de adhesión**

La fuerza de adhesión (o tensión de adhesión) definida geométricamente, equivale a la carga mecánica inicial necesaria para la fractura, dividida por la superficie simple de unión. En la mayoría de los casos, la zona de contacto verdadero entre los materiales puede ser mucho mayor debido a la rugosidad de la interfaz mecánica. No obstante, en este cálculo no se considera la rugosidad. Los tipos de pruebas para la medición de la fuerza de adhesión se clasifican en función de la dirección de la carga mecánica inicial, y no de la dirección de resolución de la fuerza aplicada. Casi todas las pruebas son de resistencia a la tracción o de resistencia de la unión al cizallamiento. En la práctica, la resistencia de la unión a la tracción suele ser aproximadamente la mitad de la resistencia al cizallamiento. Para cualquier comparación entre ambos parámetros hay que utilizar unas condiciones equivalentes durante las pruebas de medición.

Generalmente la fuerza de adhesión de un material se mide cizallando la adhesión o la articulación adhesiva para producir su fractura. La fuerza de adhesión se mide como la tensión de un solo ciclo que produzca la fractura. No obstante, en la práctica clínica la fatiga puede tener más importancia que las fuerzas aisladas. La fatiga es un fenómeno muy complejo y, por el momento, no se pueden reproducir en el laboratorio pruebas para medir la fuerza de adhesión. La resistencia a la fractura que se mide, depende de la dirección que sigue la fractura.<sup>18</sup>

### **3.2. Adhesión a esmalte**

El esmalte es un tejido homogéneo casi exclusivamente mineral donde la adhesión es segura y duradera.<sup>27</sup>

La adhesión al esmalte se ha convertido en una técnica habitual en la odontología restauradora. El acondicionamiento con ácido fosfórico del esmalte dental puede cambiar su superficie para convertirla en más receptiva a la adhesión a las resinas dentales. Las prolongaciones de resina se forman sobre las microporosidades del esmalte grabado, creando un enlace resistente y duradero. La capacidad de crear adhesión en el esmalte acondicionado ha cambiado los conceptos de preparación cavitaria, la prevención de caries y la estética en odontología.<sup>28</sup>

Existen adhesivos resinosos sin relleno que se utilizan para sellar la unión entre el composite y el esmalte grabado y conseguir de ese modo una forma de retención micromecánica. Esta unión debe resistir todas las tensiones que conllevan la contracción de polimerización y la posterior restauración del diente. La fuerza de la unión dependerá de la resistencia del esmalte que en condiciones idóneas, estará adecuadamente soportado por dentina sana y no presentará ninguna microgrieta (que se puede producir durante la preparación de la cavidad).<sup>29</sup>

Las resinas compuestas se adhieren a esmalte con facilidad, presentan alta fiabilidad, minimizando o eliminando la filtración.<sup>30</sup>

### **3.3. Sistemas adhesivos**

El empleo de las resinas adhesivas es motivo de numerosas discrepancias. Algunos clínicos opinan que su utilización no vale para nada. En los procesos de los fabricantes se suele indicar que el uso de estas resinas es siempre opcional. No obstante, existen datos significativos según los cuales el empleo sistemático de la resina adhesiva mejora de forma evidente las restauraciones con resinas compuestas, sobre todo en lo que se refiere a la integridad marginal. Salvo raras excepciones, las resinas compuestas son muy viscosas y por tanto, su penetrabilidad en las microporosidades del esmalte es limitada. Como las resinas adhesivas son mucho menos viscosas, discurren mejor hasta la profundidad de las microporosidades y aseguran la formación de digitaciones de mayor longitud en la interface resina-esmalte.<sup>31</sup>

Los sistemas adhesivos por su parte, están compuestos básicamente de resinas tipo Bisfenol-Glisidil-Metacrilato (BIS-GMA), Tri-Etilen-Glicol-Dimetacrilato (TEGDMA), Bisfenol-Dimetacrilato (BPDM), Hidroxi-Etil-Metacrilato (HEMA), etc., hidrofóbicas unas, hidrofílicas otras, oportunamente vehiculizadas en acetona, agua o etanol. Tampoco hay grandes novedades en este aspecto. Lo más destacable, quizás, sea la eclosión comercial de las resinas ácidas como el Phenil-P o el MDP, que, aunque no son realmente nuevas, ahora se aplican en las formulaciones autograbantes, con una doble función simultanea, de ácido grabador y de resina hidrofílica.<sup>32</sup>

Los sistemas de grabado total han demostrado ser efectivos en evaluaciones “in vitro” y clínicas. Aunque los nuevos sistemas de adhesión con un envase único de grabado total presentan los mismos resultados en pruebas de laboratorio, todavía tienen

que probar su eficacia clínica. Los sistemas de autograbado están experimentando una rápida evolución; sus resultados generales no son suficientemente predecibles, pero algunos sistemas han conseguido resultados positivos en la adhesión al esmalte. Son necesarios más estudios para confirmar la eficacia a largo plazo de estos acondicionadores de autograbado.<sup>28</sup>

En la actualidad los sistemas adhesivos se clasifican en tres grupos:

-Adhesivos ***Multicomponentes***: aquellos en los que realizamos grabado, aplicación del primer y bondig en esmalte.

-Adhesivos ***Monocomponentes***: aquellos en los que necesitamos realizar la aplicación de un ácido grabador en toda la estructura dental cavitaria, con la posterior eliminación del ácido mediante el lavado y el secado de la cavidad.

Con este grabado obtenemos un esmalte con microretenciones; y se crea una capa expuestas por las que difundirán las resinas de los adhesivos. Estos sistemas adhesivos generalmente utilizan el ácido ortofosfórico al 37% en forma de gel, aplicándolo durante 15 segundos, pero algunos fabricantes varían la concentración del ácido o el tipo de ácido utilizado o el tiempo de aplicación, lo que implica una modificación en la estructura de los tejidos cavitarios expuestos a la acción del ácido que puede empeorar o mejorar la adhesión obtenida y por consiguiente el sellado marginal.

-***Autograbadores***: a este grupo pertenecen los últimos sistemas adhesivos, en los que se elimina la aplicación del ácido grabador, sustituyéndolo por un componente del sistema adhesivo capaz de producir un autograbado, sin la necesidad de realizar ningún

lavado en la cavidad tras su aplicación, sino que forman parte del sistema adhesivo, incluyéndose en la capa adhesiva. Estos sistemas autograbadores también crean microrretenciones en el esmalte y una capa por las que penetraran las resinas del adhesivo.

Actualmente el clínico puede elegir un adhesivo que pertenezca a cualquiera de los tres grupos citados, para realizar las obturaciones de cavidades clínicas, sin embargo la utilización de adhesivos multicomponentes es cada vez menor, eligiéndose un adhesivo monocomponente o un autograbador.<sup>33, 34</sup>

El éxito de los autograbantes está en gran parte en la falta de sintomatología post-operatoria, lo cual ocurría con los sistemas que empleaban fosfórico, y en parte a su supuesta simplicidad y reducción de tiempo de trabajo. Esto puede inducir a una falsa seguridad por parte del clínico.<sup>35</sup>

Un sistema de unión efectivo debe cumplir los siguientes requerimientos: biocompatibilidad, resistencia a las fuerzas aplicadas sobre la restauración, resistencia a la contracción de polimerización, a las fuerzas de contracción, expansión y desarrollo de una unión inmediata y duradera a las estructuras dentarias.<sup>36, 37</sup>

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

Nuestra hipótesis se basa en afirmar que con un sistema adhesivo autograbante no se presentan diferencias en la adhesión entre esmalte de dientes temporales y permanentes con respecto a un sistema adhesivo convencional a pesar de que existen diferentes propiedades físicas y composición química entre ambos tipos de esmaltes.

El objetivo principal de este estudio es evaluar y comparar “in vitro” las fuerzas de adhesión a esmalte en dientes temporales y dientes permanentes y sus respectivas diferencias entre un sistema adhesivo convencional y otro sistema adhesivo autograbante, medidos en megapascuales (MPa).

Se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Medir la fuerza de adhesión en MPa. al esmalte de dientes temporales con un sistema adhesivo convencional y otro autograbante.
2. Medir la fuerza de adhesión en MPa. al esmalte de dientes permanentes con un sistema adhesivo convencional y otro autograbante.
3. Realizar un estudio comparativo de adhesión entre ambos grupos : esmalte de dientes temporales y esmalte de dientes permanentes y los dos tipos de sistemas adhesivos: convencional y autograbante.



## **IV. MATERIALES Y METODOLOGIA**

## **1. MUESTRAS**

- Recolección de muestras:

Se inició la recolección parcial de muestras en envases plásticos de especímenes (dientes temporales y permanente), sumergidos en suero fisiológico, en las áreas de salud I a V de la Comunidad de Madrid (Fig. 1).

Se recogieron un total de 320 dientes (90 temporales y 230 permanentes), entre los meses de Diciembre de 2007 a Octubre de 2008, manteniendo y depositándose en botes plásticos para almacenar el total de muestras, siempre en suero fisiológico a 8 °C de temperatura en frigorífico y realizando los recambios del suero fisiológico cada 8 días (Fig. 2).

Del total de 320 dientes recogidos, se seleccionaron (80 temporales de los 90 existentes y 80 permanentes de los 230 reconectados), posteriormente los 160 dientes destinados a la experimentación se depositaron en tubos de muestras para el laboratorio con suero fisiológico, distribuyéndose en 2 grupos (Fig. 3):

- 80 Esmalte Temporal.
- 80 esmalte Permanente.

- Criterio de selección:

Para la selección de los especímenes no se tomo en cuenta el tipo de diente, la presencia de caries y restauraciones; pero sí que presentaran algunas superficies lisas, libres de caries y restauraciones.



Fig. 1: Recogida parcial de muestras en el área I a V, de la Comunidad de Madrid



Fig. 2: Recogida total de muestras del área I a V, de la Comunidad de Madrid

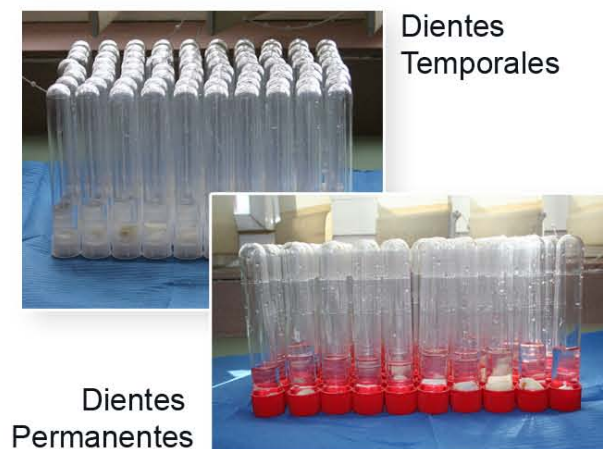


Fig. 3: Selección de muestras para el estudio

## **2. MATERIALES**

A continuación se expone la relación de materiales utilizados para este estudio “in vitro” agrupados en los siguientes apartados:

- Material, instrumento y equipo para protección del investigador:
  1. Mascarillas
  2. Guantes
  3. Gafas
  4. Bata de laboratorio
  
- Material, instrumento y equipo para recolección y mantenimiento de las muestras:
  1. Suero fisiológico (VITULIA<sup>®</sup>).
  2. Jeringa de 60ml.
  3. 90 Dientes temporales.
  4. 230 Dientes permanentes.
  5. Envases plásticos para recogida de muestras parciales.
  6. Botes plásticos para almacenar el total de muestras recogidas.
  7. Tubos de plásticos para almacenar muestras de laboratorio de las marcas: Soria Gentelab<sup>®</sup> y Deltalab<sup>®</sup>.
  8. Frigorífico para almacenamiento de muestras, marca: Saivod<sup>®</sup>.
  
- Material, instrumento y equipo para la preparación de la superficie de los dientes:
  1. Turbina (Concentrix).

2. Cepillo dental.
  3. Fresa quirúrgica de Tungsteno, Maillefer/151(turbina).
  4. Fresa de diamante grano medio, Proclinic/837-014(turbina) .
  5. Fresa de Tungsteno, Komet/H23L-012(turbina).
  6. Espejo de exploración bucal.
  7. Sonda de exploración.
  8. Pinza acodada de punta fina.
  9. Freseros.
- 
- Material, instrumento y equipo para el montaje de los dientes en acrílico (soporte):
    1. Anillos de acero para conformar los cilindros ó soportes para dientes de (15 mm Ø).
    2. Fresa para rebajar acrílico de Tungsteno, Edenta/5281(pieza de mano).
    3. Taza para acrílico.
    4. Aislante de Acrílico.
    5. Vaselina.
    6. Acrílico (Special Tray<sup>®</sup>/ Dentsply).
    7. Pieza de mano para rebajar acrílico (Struers<sup>®</sup> Dap-7).
- 
- Material, instrumento y equipo para la aplicación de los sistemas adhesivos y composite:
    1. Pistola para composité (Voco<sup>®</sup>).
    2. Lámpara de fotopolimerización (Celalux<sup>®</sup>-Voco).
    3. Pinza mosquito.
    4. Tubos plásticos de 4 mm Ø.
    5. Regla de 16 cm plástica.

6. Tijera punta roma.
  7. Adhesivo Convencional (Solobond M<sup>®</sup> / SingleDose/Voco).
  8. Adhesivo Autograbante (Futurabond NR<sup>®</sup> / SingleDose/Voco).
  9. Composíte (Grandio<sup>®</sup>).
  10. Gel grabador (Vococid<sup>®</sup> / Voco).
  11. Librillo de papel para mezcla de material.
  12. Aplicadores específicos de adhesivo facilitado por el fabricante.
  13. Espátula de plástico doblemente acodada para modelar y compactar el composíte.
  14. Hoja de bisturí numero 15.
- 
- Material, instrumento y equipo para la evaluación de adhesión:
    1. Maquina universal para ensayos mecánicos de la firma HT-HOUNSFIELD, TEST-EQUIPMENT (Croydon - England).
    2. Célula de Carga 5000 N.
    3. Equipo de informática (IBM) y software específico para el conjunto de la máquina e impresora.
  
  - Otros materiales:
    1. Envases de vidrios de laboratorio para almacenar el resultado por grupo final de las muestras.

### **3. METODOLOGÍA**

Se trata de un estudio de investigación “in vitro” abierto, realizado por un solo investigador para comparar las fuerzas de adhesión de dos sistemas adhesivos a esmalte en dientes temporales y permanentes.

En el momento de la preparación de las muestras, que siempre se manipularon con guantes y pinzas, se eliminaron las raíces con fresa quirúrgica, posteriormente la superficie del esmalte fue levemente alisada con fresa de tallado de grano medio de diamante (Fig. 4).

Teniendo preparadas las muestras dentales, estas se comenzaron a embutir parcialmente en cilindros ó soportes confeccionados con acrílico (Special Tray<sup>®</sup>), moldeándose los anillos de acero lubricados previamente con vaselina alrededor para facilitar posteriormente su extracción. Se tomó especial precaución en no contaminar la superficie preparada (Fig. 5).

Todo esto se realizo en cuatro tiempos (un grupo por día), depositándose en botes plásticos para almacenar muestras (Fig. 6).

Mientras se trataba el total de las muestras, los especímenes fueron conservados en medio húmedo al 100% en frigorífico a 8 °C temperatura.



Fig. 4: Preparación de las muestras



Fig. 5: Embutido de muestras enacrílico



Fig. 6: Total de muestras embutidas enacrílico



### **3.1. Procedimiento adhesivo**

Las muestras fueron divididas en 4 grupos de 40, utilizando materiales de la compañía Voco (Fig. 7):

- Solobond M<sup>®</sup>
  - 40 Esmalte Temporales
  - 40 Esmalte Permanentes
- Futurabond NR<sup>®</sup>
  - 40 Esmalte Temporales
  - 40 Esmalte Permanentes

***Procedimiento del adhesivo convencional:*** se realizó en 2 tiempos (1 por día). A cada muestra se le dió un chorro de aire por 2 segundos y luego se aplicó el gel grabador (Vococid / Voco)<sup>®</sup> por 20 segundos, aspirando el gel, enjuagando con agua por 20 segundos y eliminando la humedad excedente con un chorro de aire; luego se procedió a la aplicación del adhesivo por 30 segundos dando posteriormente un chorro de aire ligero en el centro de la muestra para conseguir una capa uniforme del adhesivo, se fotopolimerizó con luz Led/Halógena (Lámpara Celalex/Voco) durante 20 segundos. Para estandarizar la aplicación del composité se utilizó un tubo plástico de 0,4 cm de Ø por 0,5 cm de altura que se colocó en la superficie central de la muestra, posteriormente se relleno de composité (Grandio<sup>®</sup> / A2 / Voco) el anillo plástico compactando con una espátula acodada para el moldeado y compactado de composité y se llevo a cabo la fotopolimerización con luz Led/Halógena (lámpara Celalux/Voco) durante 20 segundos. Finalizada la fotopolimerización se retira cortando con un bisturí numero 15 el anillo de plástico alrededor del composité (Fig. 8).

***Procedimiento del adhesivo Autograbante:*** se realizó en 2 tiempos (1 por día), siguiendo los mismos pasos que en el caso del adhesivo convencional. A cada muestra se le dió un chorro de aire por 2 segundos, luego se aplicó el adhesivo por 20 segundos, dando posteriormente un chorro de aire en el centro de la muestra por 5 segundos para conseguir una capa uniforme y seca del adhesivo, se fotopolimerizó con luz Led/Halógena (Lámpara Celalex/Voco) durante 10 segundos. Para estandarizar la aplicación del composité se utilizó un tubo plástico de 0,4 cm de Ø por 0,5 cm de altura que se colocó en la superficie central de la muestra, posteriormente se relleno de composité (Grandio® / A2 / Voco) el anillo plástico compactando con una espátula acodada para el moldeado y compactado de composité y se llevo a cabo la fotopolimerización con luz Led/Halógena (lámpara Celalux/Voco) durante 20 segundos. Finalizada la fotopolimerización se retira cortando con un bisturí numero 15 el anillo de plástico alrededor del composité (Fig. 9).

Todo el procedimiento adhesivo fue realizado según instrucciones del fabricante; conservándose en todo momento las muestras en medio húmedo al 100% mientras se trataban el total de ellas.



Fig: 7 Materiales utilizados para el procedimiento adhesivo



Fig: 8 Procedimiento adhesivo convencional

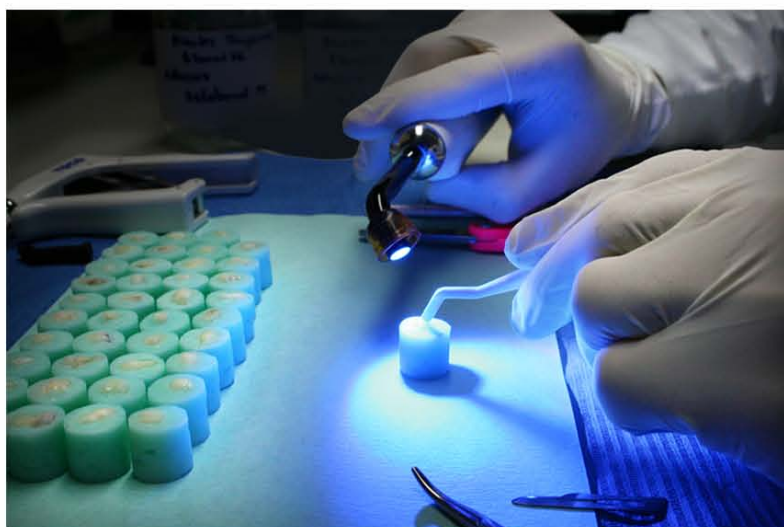


Fig: 9 Procedimiento adhesivo autograbante

### **3.2. Prueba de adhesión**

Una vez que estuvieron todas las muestras preparadas y divididas en los cuatro grupos, se procedió a la evaluación de la fuerza de adhesión mediante pruebas de cizallamiento con la maquina universal para ensayos clínicos-mecánicos de la firma HT-HOUNSFIEL, con una célula de 5000 N, utilizándose un sistema de medición de guillotina recta (Fig. 10).

El programa informático utilizado fue de IBM especial para la máquina HT-HOUNSFIEL, que registró la fuerza necesaria para cizallar el cilindro del material compuesto, con un diámetro interior de 4 mm de la superficie adherida correspondiente (Fig. 11).

Las muestras se mantuvieron por grupos y separadas por las roturas (estructura dentaria, adhesivo y composíte), hasta finalizado todo el estudio (Fig. 12 – Fig. 13).



Fig. 10: Máquina universal para ensayos clínicos



Fig. 11: Programa informático



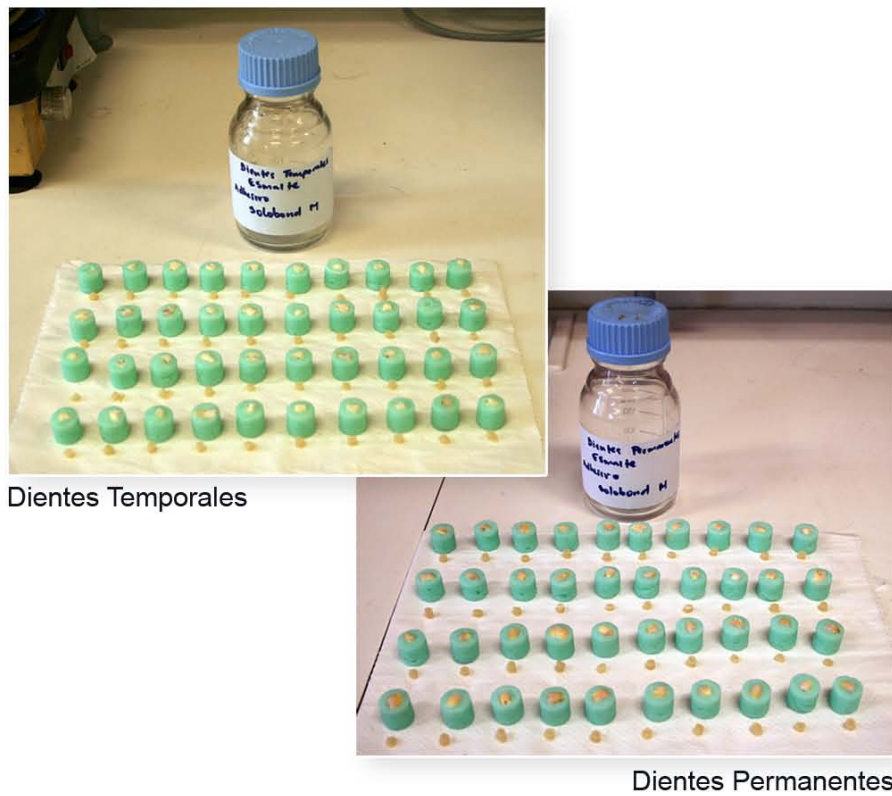


Fig. 12: Grupo finalizado adhesivo convencional Solobond®

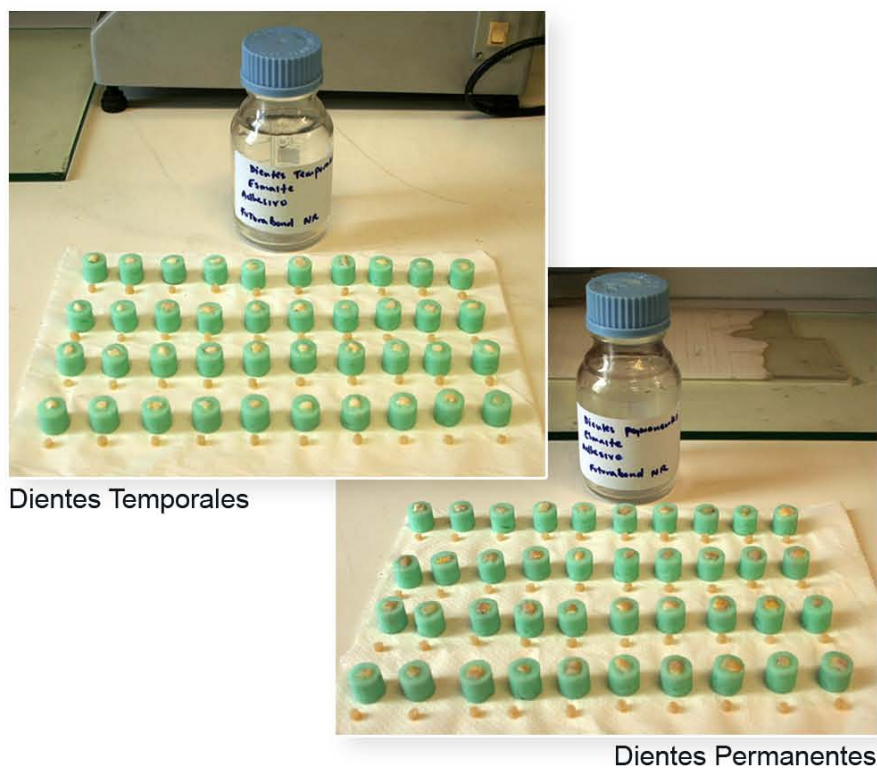


Fig. 13: Grupo finalizado adhesivo autograbante Futurabond®

## 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se obtuvieron en kg y se transformaron en Megapascuales (MPa) aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{MPa} = \frac{\text{Kg} \cdot 9,8}{3,14 \cdot 2^2}$$

Se efectuó una estadística descriptiva obteniéndose los valores de la media ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (DE), error estándar de la media (EEM) y tamaño muestral de los diferentes grupos estudiados (n).

Para el análisis estadístico se empleo el test de la t de Student para muestras independientes, donde previamente se verificó la homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene, corrigiéndose el valor de la t en caso de varianzas no homogéneas.

También se utilizó el test de kruskal-Wallis para comparar los cuatro grupos analizados, cuando el test de Levene fue estadísticamente significativo y con varianzas heterogéneas no podíamos emplear el Análisis de la Varianza para muestras independientes. Como test a posteriori se empleó el test de Scheefé y el test de la diferencia significativa mínima (Least Significant Difference = LSD).

Todas las pruebas se efectuaron a dos colas y con un nivel de significación estadística establecido en el 5% ( $p=0,05$ ). Los test se realizaron con el paquete estadístico SPSS 12.0.<sup>38</sup>

## **V. RESULTADOS**



Es importante destacar que de las 40 muestras que se hicieron para cada uno de los cuatro grupos se desecharon algunas por defecto de adhesión. Así, en el grupo de esmalte de dientes temporales con adhesivo Solobond se descartó una muestra, quedando el grupo en 39; en el de dientes permanentes con Solobond se descartaron tres muestras quedando el grupo en 37; en el grupo de dientes permanentes con adhesivo Futurabond se descartó una muestra, quedando el grupo con 39; finalmente en el grupo de esmalte de dientes temporales con adhesivo Futurabond no se descartó ninguna muestra por lo que tuvo las 40 iniciales (Anexo Tabla 1-2 Página: 85,86). Hemos comparado los grupos de los adhesivos Solobond con Futurabond tanto en esmalte de dientes temporales como en permanentes. También se ha comparado los resultados entre los dientes temporales y permanentes con ambos adhesivos. Finalmente se ha efectuado un análisis de conjunto entre los cuatro grupos para verificar que no teníamos efectos de error arrastrado con los análisis anteriores.

### **1. COMPARACIÓN ENTRE SOLOBOND Y FUTURABOND**

En la (tabla 3) se encuentran los resultados de la comparación entre los adhesivos Solobond y Futurabond en los esmaltes de dientes temporales y permanentes, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los dos adhesivos, pero con un resultado sorprendente. En la comparación en los esmaltes de dientes temporales la adhesión de Solobond es mayor que Futurabond, 24,52 vs 16,44 MPa ( $p < 0,001$ ); sin embargo en la comparación entre esmaltes de dientes permanentes los resultados son también estadísticamente significativos, pero al contrario que antes ahora la adhesión es mayor en el grupo de Futurabond, 19,52 vs 16,25 ( $p = 0,008$ ). (Gráficos 1 y 2).

**Tabla 3**

Resultados de la comparación entre los adhesivos Solobond y Futurabond en los esmaltes de dientes temporales y permanentes. Datos en Megapascuales (MPa).

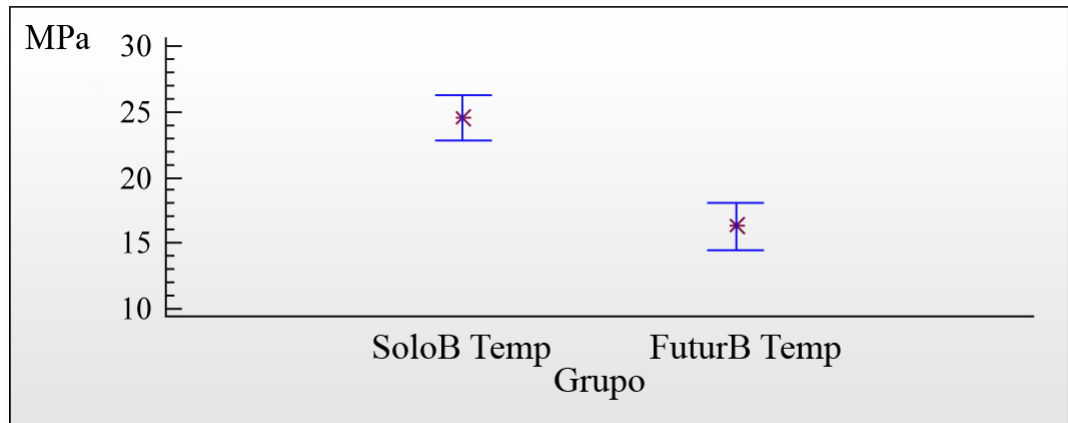
Dientes		Solobond	Futurabond	Levene	t	P
Temporales	$\bar{x}$	24,52	16,44	2,645 (NS)*	4,718	<0,001
	DE	9,03	5,91			
	EEM	1,44	0,93			
	n	39	40			
Permanentes	$\bar{x}$	16,25	19,52	1,324 (NS)	2,715	0,008
	DE	5,86	4,57			
	EEM	0,96	0,73			
	n	37	39			

\*NS. Es no significativo.

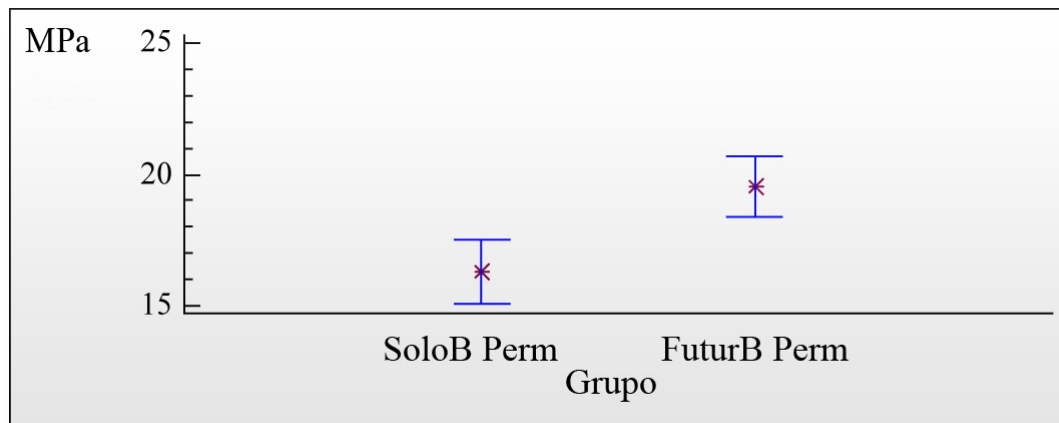
$\bar{x}$  = Media; DE = Desviación estándar; EEM = Error estándar de la media; n = Tamaño muestral.

**GRÁFICO 1**

Resultado de la comparación entre adhesivo Solobond y Futurabond en los esmaltes de dientes temporales.

**GRÁFICO 2**

Resultado de la comparación entre adhesivo Solobond y Futurabond en los esmaltes de dientes permanentes.



## 2. COMPARACIÓN ENTRE DIENTES TEMPORALES Y PERMANENTES

En la (tabla 4) se encuentran los resultados de la comparación de la adhesión a esmalte entre los dientes temporales y permanentes, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre temporales y permanentes, pero también aquí el resultado varía mucho con el adhesivo de modo que con Solobond la mayor adhesión se obtiene en temporales, 24,52 vs 16,25 ( $p < 0,001$ ), mientras que con Futurabond es al revés, la mayor adhesión se logra con los esmaltes de los dientes permanentes, 19,52 vs 16,44 ( $p = 0,012$ ). (Gráficos 3 y 4).

**Tabla 4**

Resultados de la comparación entre los dientes temporales y permanentes con los adhesivos Solobond y Futurabond. Datos en Megapascuales.

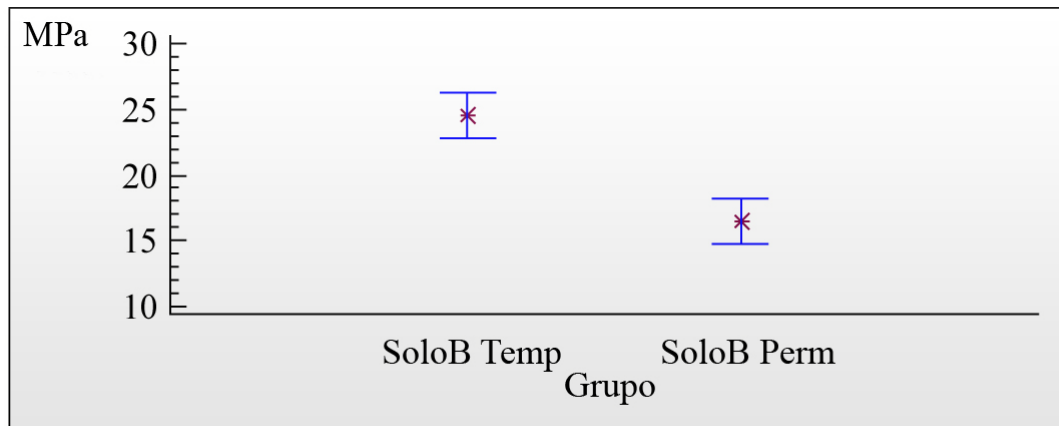
Adhesivos		Temporales	Permanentes	Levene	t	p
Solobond	$\bar{x}$	24,52	16,25	3,00 (NS)*	4,707	<0,001
	DE	9,03	5,86			
	EEM	1,44	0,96			
	n	39	37			
Futurabond	$\bar{x}$	16,44	19,52	2,23(NS)	2,585	0,012
	DE	5,91	4,57			
	EEM	0,93	0,73			
	n	40	39			

\* NS. Es no significativo.

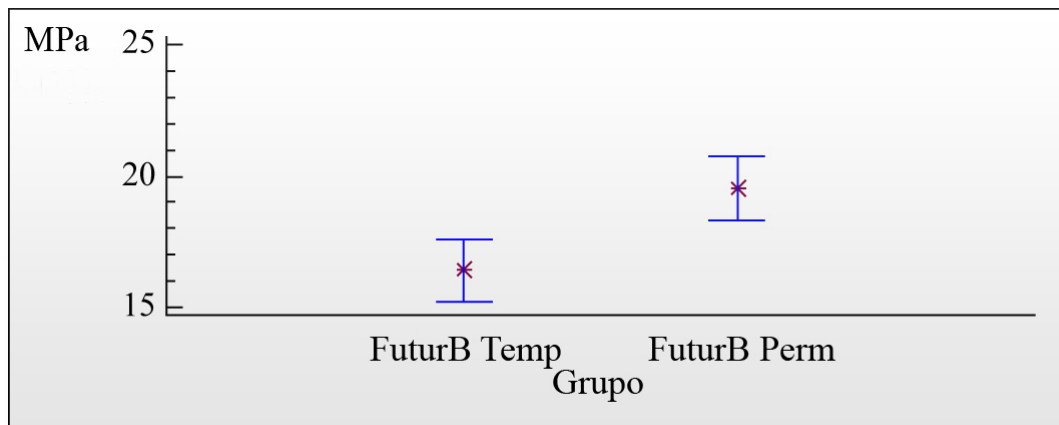
$\bar{x}$  = Media; DE = Desviación estándar; EEM = Error estándar de la media; n = Tamaño muestral.

**GRÁFICO 3**

Resultado de la comparación entre los dientes temporales y permanentes con el adhesivo Solobond.

**GRÁFICO 4**

Resultado de la comparación entre los dientes temporales y permanentes con el adhesivo Futurabond.



### **3. COMPARACIÓN GLOBAL DE LOS CUATRO GRUPOS**

La comparación de los cuatro grupos a la vez se efectuó con el test de Kruskal-Wallis, cuyo estadístico es Hs. Se observan en la (tabla 5) los resultados y como el test es estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ ). Los tests a posteriori nos indican las diferencias entre los diferentes grupos, de modo que los grupos cuyas medias están unidas por líneas indican que los resultados entre ellas no tienen diferencias estadísticamente significativas. Observar como dos pruebas, el LSD y el test de Scheefé varían ligeramente. El LSD nos indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre esmalte adherido con Solobond en dientes permanentes y Futurabond en dientes temporales, pero si hay diferencias estadísticamente significativas con los otros dos grupos que a su vez tienen diferencias entre ellos dos. Por otra parte, el test de Scheefé nos indica que la única muestra que se diferencia de las demás es Solobond en temporales y que las otras tres no presentan diferencias estadísticamente significativas al estar sus medias unidas por la línea continua de la tabla 3. Esta aparente contradicción sólo nos indica que el grupo Futurabond de dientes permanentes está en una situación intermedia y que en unas pruebas nos indica diferencia estadísticamente significativa por poco (LSD) y en otras que no hay esa diferencia estadística también por poco (Scheefé). (Gráfico 5).

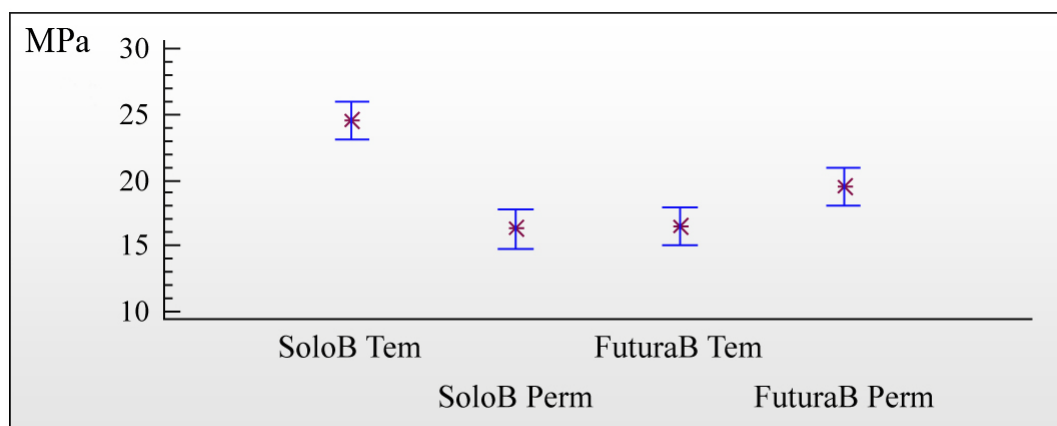
**Tabla 5**

Comparación simultanea de los cuatro grupos ordenados por el tamaño de sus medias. Datos en Megapascuales. Hs es el estadístico de kruskal-Wallis.

	Solobond Permanentes	Futurabond Temporales	Futurabond Permanentes	Solobond Temporales	Hs	p
$\bar{x}$	16,25	16,44	19,52	24,52	30,90	<0,001
LSD						
Scheefé						

**GRÁFICO 5**

Comparación simultanea de los cuatro grupos ordenados por el tamaño de sus medidas.



## **VI. DISCUSIÓN**



Los resultados del presente estudio son difíciles de comparar con otros previos llevados a cabo en esmalte de dientes temporales y permanentes, ya que existen estudios de valoraciones y correlaciones de diferentes sistemas adhesivos y no de denticiones de temporales y permanentes a nivel de fuerzas de adhesión, no sólo por esto sino también por el agente de unión empleado y la metodología utilizada.

En este estudio han aparecido grandes variaciones en los valores o resultados obtenidos. Esta variabilidad de resultados es bastante común en los estudios de adhesión dental, y estas variaciones se deben a la metodología empleada en las preparaciones de las muestras y las pruebas de adhesión.

El desarrollo de nuevos materiales en odontología restauradora, ha generado grandes cambios en el tratamiento de la caries. La utilización de los sistemas adhesivos ha permitido modificar el diseño de la cavidad y disminuir su tamaño, para preservar más estructura dentaria sana.

Anusavise, sugirió que en el siglo XXI se podría, más que nunca, poner énfasis en los objetivos iniciales de la odontología restauradora, lo cual supone la eliminación de estructura dentaria infectada y su reemplazo por un material inerte es decir, una odontología minimamente invasiva.<sup>39</sup>

El estudio de Cavalcanti, se realizó sobre dientes primarios no careados, y las condiciones “in vivo” no son tan ideales.<sup>40</sup>

La fuerza de unión de los sistemas de resinas adhesivas pueden depender de la edad del paciente, profundidad de la lesión, y extensión de la afectación cariosa de la estructura dentaria.<sup>41</sup>

Varios factores influyen en la fuerza de unión “in vitro” al tejido dentario, tales como el tipo y edad del diente, el grado de mineralización, el tipo de ensayo de unión (tracción o cizallamiento), el medio de almacenamiento y la humedad.

En este estudio se recolectaron muestras, seleccionándose aquellas con características que asemejaran la realidad clínica como: caries, restauraciones y fracturas, sin tomarse en cuenta el tipo de diente y la edad, todo por la preparación de tallados y cavidades del día a día del clínico.

La menor cantidad de pasos a seguir con los adhesivos autograbantes, en principio, disminuye el tiempo de trabajo y el margen de error. De aquí nace el interés en estudiar la diferencia de un sistema adhesivo convencional Solobond<sup>®</sup> M/Voco y uno autograbante Futurabond<sup>®</sup> NR/Voco en dentición temporal y permanente, comparando las fuerzas de adhesión a estructuras de esmalte de los mismos.

Un agente adhesivo dentario ideal debería ser fácil de usar, ser mínimamente sensible a la técnica y proporcionar una alta fuerza de unión al tejido dentario.

La técnica de adhesión es uno de los aspectos decisivos dentro del procedimiento restaurativo con materiales estéticos. Durante mucho tiempo, los investigadores

afirmaron que con el esmalte seco se obtenían mejores resultados en las fuerzas de adhesión, si bien esto es relativamente cierto para la adhesión a esmalte.<sup>42, 43</sup>

Es de gran importancia en este estudio “in vitro”, el preparar las muestras lo más parecido a la situación clínica, es por eso que se realizó la exposición de esmalte de dientes temporales y permanentes cortando con fresa quirúrgica las raíces, exponiendo esmalte con piedra de diamante mediana. La metodología desarrollada no permitió llevar a cabo una medida exacta en cada una de ellas pero todo fue lo más similar a la clínica.

En este estudio se presentaron varios inconvenientes y dudas a enumerar:

1. El aislamiento con vaselina en el anillo de acero fue de mucha importancia para poder desmontar con mayor facilidad las muestras de acrílico, ya que en estudios previos se utilizó aislante de acrílico y no se obtuvo tanto beneficio como con la vaselina.

2. Es muy importante cumplir las instrucciones de los fabricantes escrupulosamente tanto de equipos como de materiales, para poder obtener resultados fiables en cualquier ensayo o estudio que se lleve a cabo.

3. En el uso de la lámpara de luz halógena es importante mantener o controlar las exposiciones en su régimen continuo.

4. Los moldes que se utilizaron para la unión del composite al sistema adhesivo fueron tubos plásticos de 4 mm de diámetro, ya que cuando se utilizaba anillos de acero nos obligaba a polimerizar dos veces y se distanciaba de la realidad clínica.

5. Se deben realizar pruebas de ajustes tanto de muestras, materiales y equipos antes de comenzar un estudio, para evitar posibles resultados negativos o falsos resultados.

Las fuerzas adhesivas conseguidas en esmalte de denticiones temporales y permanentes, arrojaron tanto resultados significativos como no significativos, que como anteriormente se comentaba con respecto a los inconvenientes metodológicos pudieran deberse a ellos.

Para este estudio se utilizó como fuente de almacenamiento el suero fisiológico, ya que por sus propiedades de hidratación, era el más indicado para mantener las muestras durante el estudio humedecidas al 100%, todo esto para simular las condiciones del diente “in vivo”, procedimiento utilizado por Paul y Scharer en su respectivo estudio.<sup>44</sup>

Flower, opina que los test de cizallamiento, son preferibles a los tensiles ya que estos pueden variar, según el sistema de tracción utilizado. Considera también que los test de cizallamiento dan resultados más uniformes que los de tracción, correspondiendo los resultados más altos a los de torsión.<sup>45</sup>

Este estudio comparte lo expuesto anteriormente por Flower con respecto al test de cizallamiento.

Retief, en la primera conferencia internacional sobre odontología adhesiva celebrada en Los Ángeles (California) en enero de 1991, hizo una llamada para estandarizar las pruebas de laboratorio, ante la imposibilidad de comparar los datos obtenidos en diferentes lugares.

Evidentemente no es posible controlar en el laboratorio todas las variables que influyen en los mecanismos de adhesión, pero es absolutamente necesario estandarizar los test de adhesión controlando los factores más importantes.<sup>46</sup>

En dentición temporal es frecuente encontrar un patrón de grabado pobre, debido a la mayor cantidad de esmalte aprismático.<sup>47</sup>

Una de las ventajas de los adhesivos autograbantes es que evitamos el paso de lavar el ácido, por lo que no corremos el riesgo de tener un esmalte desecado, con exceso de humedad o con restos de ácido. Con Futurabon<sup>®</sup> NR no se necesita lavar porque el monómero ácido MDP, que es responsable del grabado, deja residuos de éster de ácido fosfórico que se incorporan y polimerizan en la capa de ácido, a la vez que la molécula de metacrilato queda disponible para la copolimerización con el adhesivo. Esta forma de aplicación, y la incorporación de los restos acídicos a la capa de adhesivo polimerizada, evita la posibilidad de que un lavado insuficiente del ácido fosfórico deje restos del mismo en la estructura dentaria.

Un aspecto de la adhesión es que con los nuevos adhesivos los verdaderos fracasos ocurren en la resina porque la mayoría de ellos forman una capa híbrida entre la resina y

la estructura dentaria. Este patrón de fracaso sólo puede ser determinado a nivel de microscopia electrónica de barrido y no se puede reconocer visualmente. Este es otro aspecto de la adhesión de la resina que debe ser considerado cuando se interpretan los resultados de los diferentes estudios.

Se deben realizar nuevos estudios, incluyendo las evaluaciones clínicas, con los nuevos agentes de adhesión para determinar su potencial clínico real.<sup>30</sup>

Autores como Van Meerbeek<sup>48,49</sup>, opinan que el grabado con ácido ortofosfórico al 37% permite una hibridación perfecta de la resina y del tejido dentario. Sin embargo, hay que insistir en la correcta aplicación del adhesivo para poder permitir el relleno por los monómeros hidrofílicos. También insta en que hay una gran controversia sobre la capacidad de grabado con estos sistemas, además de la discutible fuerza de unión y durabilidad de estos adhesivos.

Hemos de tener en cuenta, el hecho de que este estudio “in vitro” fue realizado en esmalte de dientes temporales y permanentes con presencia de caries, restauraciones y fracturas, asemejándose a la clínica diaria.

La adhesión a esmalte “in vivo” es mucho más complicada y compleja en esmalte de dientes temporales. Estos aspectos pueden influir tanto en la sensibilidad postoperatoria como en la capacidad de la retención micromecánica del adhesivo y por tanto de la restauración. Así mismo, está demostrado que todas estas variaciones son aun más acentuadas en dentición temporal que en permanente.<sup>50-53</sup>

Este estudio se relaciona con el de Daronch y cols<sup>11</sup>, en el que concluyen que para obtener el máximo de sus propiedades, los adhesivos autograbantes deben aplicarse sobre esmalte erosionado con instrumento cortante.

Shimada y cols<sup>54</sup>, encontraron los mismos resultados que Perdigao y cols<sup>19</sup>. Tanto en dentición temporal como permanente, obteniendo para el adhesivo Single Bond<sup>®</sup> en dientes primarios 37,0 MPa y para dientes permanentes 42,7 MPa; y con el adhesivo Clearfil SE Bond<sup>®</sup> en dientes primarios 42,7 MPa y para dientes permanentes 42,9 MPa.

Comparando los resultados de estos autores con esta investigación no han sido los mismos, obteniéndose para el adhesivo convencional SoloBond<sup>®</sup>: 24,52 MPa (dentición temporal) y 16,25 MPa (dentición permanente). Para el adhesivo autograbante FuturaBond<sup>®</sup>: 16,44 MPa (dentición temporal) y 19,52 MPa (dentición permanente).

Según estos autores, el bajo pH de los autograbantes, con respecto al ácido fosfórico, produce peor patrón de grabado, que podría llegar a ser la causa de un deterioro a medio y largo plazo de la adhesión. Sin embargo se requieren estudios clínicos prospectivos que demuestren ésta impresión.<sup>55</sup>

La industria ha desarrollado adhesivos autograbantes, en los cuales se incorporan monómeros acídicos, resinas hidrofílicas e hidrofóbicas, con el fin de facilitar el relleno de los monómeros hidrofílicos en toda la zona condicionada, no dejando espacios vacíos en la interfase.<sup>44</sup>

Perdigao y cols<sup>56</sup>, creen que el monómero ácido (Phenyl-P) que contienen los primers grabadores no tiene la efectividad de los grabadores convencionales, necesitando alargar el tiempo de aplicación clínica para poder obtener un mejor grabado.

Tanto los adhesivos autograbadores como los adhesivos monocomponentes pueden dar buenos resultados clínicos siempre que seamos meticulosos en la técnica clínica y sigamos los consejos de los fabricantes.<sup>44</sup>

Arana-Gordillo<sup>57</sup> en su investigación, donde evaluó y comparó la resistencia al corte de los adhesivos de quinta y sexta generación aplicados sobre esmalte de dientes permanentes, obtuvo resultados para adhesivo convencional: Adper Single Bond<sup>®</sup> de 9,45 MPa y para adhesivo autograbante: Adper Prompt L-Pop<sup>®</sup> de 8,04 MPa, decía que uno de los puntos importantes a la hora de comparar los resultados de la fuerza de adhesión entre los diferentes estudios, es valorar el tipo de prueba de fuerza que ha sido utilizada. Esta puede ser de resistencia al corte, tracción, torsión o una combinación de los ya mencionados. En este estudio la prueba que se realizó fue la de resistencia al corte, ya que con esta, se simulaban situaciones similares a las que podrían generarse en la cavidad bucal.

Comparando los resultados de estos autores con esta investigación no han sido los mismos, obteniéndose para el adhesivo convencional SoloBond<sup>®</sup>: 16,25 MPa (dentición permanente). Para el adhesivo autograbante FuturaBond<sup>®</sup>: 19,52 MPa (dentición permanente).



Cavalcanti y cols<sup>58</sup>, en un estudio in vitro realizado, obtuvieron resultados de adhesión con dos sistemas adhesivos autocondicionantes en dientes deciduos, con Clearfil SE Bond<sup>®</sup> de 7,90 MPa / Adhese<sup>®</sup> de 4,44 MPa, presentado mayor valor de resistencia el primero, encontrándose fractura de tipo adhesiva.

Comparando los resultados de estos autores con esta investigación no han sido los mismos, obteniéndose para el adhesivo autograbante FuturaBond<sup>®</sup>: 16,44 MPa (dentición temporal).

Perdigao y cols<sup>59</sup>, al estudiar la fuerza de adhesión en esmalte de dientes permanentes con cuatro adhesivos autograbantes y un adhesivo de grabado total, según el tiempo de condicionado, se obtuvo los siguientes resultados: Adper Prompt L-pop<sup>®</sup> 30,2 MPa; AdheSE<sup>®</sup> 19,1 MPa; Clearfil SE<sup>®</sup> 29,1 MPa; Tyrian SPE-One Step Plus<sup>®</sup> 41,0 MPa ; Prime & Bond NT<sup>®</sup> 39,3 MPa. Para el Adhese<sup>®</sup> y Clearfil SE Bond<sup>®</sup>, los dos adhesivos de autograbado con pH más alto, el doble de aplicación aumento significativamente las fuerzas de adhesión; el adhesivo de autograbado Tyrian SPE-One Step Plus<sup>®</sup> resultó en fuerzas de adhesión al esmalte de la misma magnitud que el adhesivo de grabado total Prime & Bond NT<sup>®</sup>, ellos tomaron en cuenta la correlación significativa entre la acidez de los acondicionadores de esmalte y las fuerzas de adhesión al mismo.

Comparando los resultados de estos autores con esta investigación no han sido los mismos, obteniéndose para el adhesivo convencional SoloBond<sup>®</sup>: 16,25 MPa (dentición permanente). Para el adhesivo autograbante FuturaBond<sup>®</sup>: 19,52 MPa (dentición permanente).

Quijada<sup>60</sup> indicó que al usar un sistema de adhesivo no se debe dañar el esmalte recién grabado, para ello aplica la resina durante unos 15-20 segundos (si permanece más tiempo no pasa nada), sopla con aire a una distancia de 10 cm aproximadamente durante unos cinco segundos procurando evitar que se remueva toda la resina pero con la finalidad de eliminar la acetona que interfiere el fraguado. Tanto en caso de fraguado normal o dual hay que aplicar la luz a la intensidad adecuada. También sugiere la técnica de aplicar una segunda capa de adhesivo para llegar a sitios que pudieran haber quedado sin resina en la primera aplicación. En esta segunda aplicación también es necesario soplar para eliminar la acetona, pero no es necesario fraguar. Por último, recomienda tener adhesivos versátiles, que se dominen en la clínica diaria, dado que sólo lo que es correcto en su indicación y manejo produce resultados correctos en el tiempo.

Ramirez y cols<sup>61</sup>, en su estudio en esmalte de dientes permanentes, comparó la resistencia al corte de dos sistemas adhesivos: Autograbadores versus Técnica de grabado total; En la prueba obtuvo valores de resistencia para Adhese<sup>®</sup> (Adhesivo Autograbante) 9,16 MPa y para Excite<sup>®</sup> (Adhesivo convencional) 6,69 MPa.

Comparando los resultados de estos autores con esta investigación no han sido los mismos, obteniéndose para el adhesivo convencional SoloBond<sup>®</sup>: 16,25 MPa (dentición permanente). Para el adhesivo autograbante FuturaBond<sup>®</sup>: 19,52 MPa (dentición permanente).

Díaz-Romeral y cols<sup>62</sup>, expone que la adhesión a esmalte ha sido suficientemente estudiada y se ha evidenciado que con una sistemática sencilla se consigue una gran fuerza de adhesión (mayor que la contracción de polimerización) y siempre se logran mayores fuerzas de adhesión con sistemas adhesivos de grabado ácido que con los autograbantes.

Finalmente, queremos destacar algunos aspectos de este trabajo:

1. La poca información disponible con respecto a los nuevos materiales adhesivos que hay hasta este momento. En la búsqueda nos ha sido difícil encontrar trabajos que comparen la adhesión en esmalte temporal entre adhesivos convencionales y autograbantes.

2. La técnica, la manipulación de las muestras y los materiales utilizados en las pruebas llevadas a cabo en el laboratorio no reproducen exactamente la situaciones de medio bucal, aunque son una gran ayuda en su aproximación.

3. En el presente trabajo han fracasado cinco muestras: una en el grupo de esmalte de dientes temporales con adhesivo Solobond, otra en el grupo de esmalte de dientes permanentes con adhesivo Futurabond, y tres en el grupo de esmalte de dientes permanentes con el adhesivo Solobond.

Todo esto nos debe orientar y animar a seguir investigando en esta línea para mejorar la técnica de experimentación y aumentar nuestro conocimiento sobre estos nuevos materiales y su comportamiento en esmalte de dientes temporales y permanentes.

## **VII. CONCLUSIONES**

Podemos concluir que en la presente investigación “in vitro”, donde se midió la fuerza de adhesión de un nuevo adhesivo (Futurabond NR<sup>®</sup> /Voco) frente al convencional (Solobond M<sup>®</sup>/ Voco) en esmalte de dientes temporales y permanentes se obtuvo que:

1°. Los valores medios de adhesión en MPa obtenidos con los sistemas adhesivos en esmalte temporal fueron: para Solobond 24,52 y para Futurabond 16,44.

2°. Los valores medios de adhesión en MPa obtenidos con los sistemas adhesivos en esmalte permanente fueron: para Futurabond 19,52 y para Solobond 16,25.

3°. El adhesivo autograbante (Futurabond<sup>®</sup>), produce mayor adhesión en esmalte de dientes permanentes que en esmalte de dientes temporales ( $p=0,012$ ).

4°. El adhesivo convencional (Solobond<sup>®</sup>), produce mayor adhesión en esmalte de dientes temporales que en esmalte de dientes permanentes ( $p<0,001$ ).

5°. Para realizar esta prueba se tuvieron en cuenta los siguientes factores: la superficie dental, la humedad relativa, la temperatura, la distancia de la lámpara de fotocurado al material restaurador, el tiempo entre la aplicación del adhesivo y la aplicación del material restaurador.

6°. Este trabajo ha arrojado un aspecto importante en el momento de utilizar el sistema adhesivo autograbante con respecto al tiempo de trabajo más corto a nivel clínico por quitarse el paso de ácido grabado llevado a cabo por el sistema adhesivo

convencional de esmalte de dientes temporales; siendo algo muy positivo para el clínico en el momento de atención odontológica en pacientes infantiles.

7°. Finalmente debe investigarse más con esta técnica de evaluación de adhesión, para verificar la hipótesis de trabajo de cara a confirmar estos resultados sobre adhesión en esmalte de dientes temporales y permanentes, tomándose en cuenta la utilización de diferentes adhesivos convencionales y autograbantes como comparación, ya que hubo en este estudio 5 muestras que fracasaron, y en estudios con tamaños pequeños y medianos este factor pudiese alterar los resultados.

## VIII. RESUMEN

**Justificación:** El presente trabajo trata de aportar más información sobre un nuevo adhesivo autograbante a esmalte de dientes temporales y permanentes.

**Objetivo:** Valorar las fuerzas de adhesión en MPa de dos sistemas adhesivos (convencional y autograbante), en el esmalte de dientes temporales y permanentes.

**Métodos:** Utilizando una muestra de 160 Dientes (Temporales y Permanentes) a nivel de la estructura del esmalte, divididos en cuatro grupos, no tomándose en cuenta para el criterio de selección la presencia de caries y restauraciones, intentando mantener en todo momento la realidad clínica y aplicación de los adhesivos SoloBond® (sistema convencional) y FuturaBond® (sistema autograbante) según instrucciones del fabricante, para posteriormente realizar la prueba de fuerza de adhesión mediante cizallamiento con la máquina de ensayos clínicos-mecánicos HOUNSFIEL.

**Resultado:** Obteniéndose para el adhesivo convencional SoloBond®: 24,52 MPa (Dientes Temporales) y 16,25 MPa (Dientes Permanentes) y para el adhesivo autograbante FuturaBond®: 16,44 MPa (Dientes Temporales) y 19,52 MPa (Dientes Permanentes). Estos datos no arrojaron similitud con los resultados de otros autores mencionados en esta investigación.

**Conclusiones:** Debe investigarse más con esta técnica de evaluación de adhesión, para verificar la hipótesis de trabajo de cara a confirmar estos resultados sobre adhesión en esmaltes de dientes temporales y permanentes, tomándose en cuenta la utilización de diferentes adhesivos convencionales y autograbantes como comparación. Se destaca algo importante como la reducción en tiempo de atención clínica en el paciente infantil con el sistema adhesivo autograbante.



## **VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Touati B, Miara P. Odontología estética y restauraciones cerámicas. Barcelona: Masson: 2000.
2. Buonocuore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955; 34:849-853.
3. Dogon IL, Nathanson D, Van Leeuwen JM. A long term clinical evaluation of class IV acid etched composite resin restorations. Compend Contin Educ Dent 1980; 6:385-390.
4. Bowen R. L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. JADA 1963; 66:57-64.
5. Albers HF. Tooth colored restoratives. California: Alto Books Santa: 1985.
6. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion o adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res 1982; 16:256-273.
7. Gómez M, Campos A. Histología y embriología bucodental. 2ed. Madrid: Médica Panamericana; 2003.
8. Mulet A, Loyola R. Eficacia de dos sistemas adhesivos en la resistencia al cizallamiento de amalgama adherida a dentina de dientes temporales. Disponible en: <http://www.encolombia.com/odontologia/foc/foc20001-eficacia.htm>. Acceso el 12 de diciembre 2006
9. Gatón P, Ruiz E. Valoración in Vitro de un sistema adhesivo de grabado total (Excite®) y un autograbante (Clearfil™Se Bond) en esmalte y dentina de dientes temporales. Odontol Pediatr 2003; 11:43-48.
10. Abreu R. Adhesión en odontología contemporánea I. Disponible en: [http://www.odontologia-online.com/verarticulo/Adhesion\\_en\\_odontologia\\_contemporanea\\_I.html](http://www.odontologia-online.com/verarticulo/Adhesion_en_odontologia_contemporanea_I.html). Acceso el 12 diciembre 2006.

11. Daronch M, De Goes MF, Grande RH, Chan DC. Antibacterial and convectional self-etching primer system: morphological evaluation of intact primary enamel. *J Clin Pediatr Dent* 2003; 27: 251-6.
12. Van Waes HJM, Stöckli PW. Atlas de Odontología pediátrica. Barcelona: Masson: 2002.
13. Barrancos J, Barrancos P. Operatoria dental. Integración clínica. 4ed. Buenos Aires: Panamericana; 2006.
14. Uribe J, Priotto E. Morphological and numerical characteristics of dentine tubules destined to adhesion. *J Dent Res* 1995; 74:734.
15. Escobar F. Odontología pediátrica. 2ed: Caracas: Amolca; 2004.
16. Bhaskar S. Histología y embriología Bucal. 11ed: México: Prado; 1993.
17. Schwartz R, Summitt J. Fundamentos en odontología operatoria. Caracas: Amolca: 1999.
18. Sturdevant C, Roberson T. Operatoria Dental. 3ed: Madrid: Mosby; 1996.
19. Perdigao J, Frankerberger R, Rosa BT. Breschil New trend in dentin/enamel adhesión. *Am J Dent* 2000; 13 (Special No): 25-30.
20. Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological characterization of the interface between resin and sclerotic dentin. *J Dent* 1994; 22:141-146.
21. Avery J, Chiego D. Principios de histología y embriología bucal. 3ed. Madrid: Elsevier; 2007.
22. Walter D. Histología y embriología bucal. México: Interamericana: 1998.
23. Abate P, Bertacchini S, Polack MA, Macchi RL. Adhesion of a compomer to dental structures. *Quintessence Int* 1997; 28:509-512.

24. Van Meerbeek B, Perdigao J. Enamel and Dentin adhesión. 2ed. Chicago: Quintessence publishing: 2002.
25. De Haro F, González S. Protocolo experimental para el estudio de la adhesión a dentina. RCOE 1998; 3: 447-458.
26. Schmidseeder J. Atlas de odontología estética. Barcelona: Masson: 2000.
27. Rosales J. Los sistemas adhesivos autograbadores. Labor Dental 2003; 4: 42-49.
28. Carpena G, Narciso L. Adhesión dental: actual nivel de calidad y perspectivas futuras. Quintessence (Ed. esp.) 2003; 16: 276-287.
29. Mount G, Hume W. Conservación y restauración de la estructura dental. Madrid: Harcourt brace: 1999.
30. Rodríguez M, Muñoz M. Fuerza de adhesión a dentina de adhesivos de envases único. Gaceta Dental 1999; 101: 44-50.
31. Ronald J. Grabado compuesto estético. 2ed. Madrid: Mosby; 1994.
32. Padros E, Padros J. Los fastidiosos enigmas de la adhesión dentinaria (nuevas reflexiones). Ideas y Trabajos Odontoestomatologicos 2000; 1: 8-37.
33. Hansen SE, Swift EJ, Krell KV. Permeability effects of two dentin adhesive systems. J Esthet Dent 1992; 4: 169-72.
34. Arroyo S, Martínez J. Filtración marginal en obturaciones de tipo II con distintos sistemas adhesivos. Rev Eur Odonto-Estomatol 2004; 16: 23-32.
35. Keogh T, Castro J. Fiabilidad y rapidez en adhesión dental: una revisión del estado actual y sus múltiples controversias. Gaceta Dental 2004; 149: 58-77.
36. Vadiakas G, Oulis C. A review of dentine-bonding agents and an account of clinical applications in paediatric dentistry. Int J Paediatr Dent 1994; 4: 209-216.
37. Burke FJ, McCanghey AD. The four generation of dentin bonding. Am J Dent 1995; 8: 88-92.

38. Calatayud J, Martín G. Bioestadística en la investigación odontológica. Madrid: PUES SL: 2003.
39. Anusavice KJ. Materials of the future: preservative o restorative? Oper Dent 1998; 23: 162-67.
40. Cavalcanti A, Turbino M. Fuerza de unión dentina de dientes temporales de sistemas adhesivos de pasos múltiples y simplificados.  
Disponble en: <http://www.uv.es/pascuala/ejdr/Art00023.htm>. Acceso el 9 de julio 2004.
41. Mazzeo N, OTT NW, Hondrum SO. Resin bonding to primary using Three adhesive systems. Pediatr Dent 1995; 17: 112-115.
42. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA, Permeability of dentin to adhesive agents. Quintessence Int 1993; 24: 618-31.
43. Gwinnett AJ. Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. Am J Dent 1992; 5: 127-9.
44. Paul S, Scharer P. Efecto de la presión intrapulpar y el termociclaje sobre la resistencia a la tracción de once adhesivos dentinarios modernos. J Esther Dent (Ed. Española) 1994; 4: 34-40.
45. Flower CS, Swartz ML, Moore BK, Rhodes BF. Influence of selected variables on adhesion testing. Dent Mater 1992; 8: 265-269.
46. Retief D. Adhesion a la dentina. J Esthet Dent (Ed. Española) 1991; 1: 33-41.
47. Johnsen D. Comparison of primary and permanent teeth. In: Avery Jk, ed. Oral development and histology. Philadelphia: Bc Decker, 1987: 180-190.
48. Van Meerbeek B. Factores que influncian el éxito clínico de la adhesión a dentina y esmalte (I). Maxillaris 1999; 9: 26-36.
49. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P. Factores que influncian el éxito clínico de la adhesión a dentina y esmalte (II). Maxillaris 1999; 15: 20-30.

50. Swift EJ. Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002; 24: 456-461.
51. Terkla LG, Brown AC, Hainisch AP, Mitchem JC. Testing sealing properties of restorative materials against moist dentin. *J Dent Res* 1987; 66: 1758-1764.
52. Phasley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kelathoor SR, Regional variability in permeability of human dentine. *Arch Oral Biol* 1987; 32: 519-23.
53. Sumikawa DA, Marshall GW, Geel, Marshall SJ, Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent* 1999; 21: 439-444.
54. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaolci Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive system to primary and permanent enamel. *Oper Dent* 2002; 27: 403-409.
55. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meebeek, Tome AR, Vanherle G, Lopes AB. Morphological Field emission SEM study of effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mater* 1996; 12: 262-271.
56. Perdigao J, Lopes M. Estudio in Vitro de los sistemas adhesivos dentinarios con relleno. Resistencia de adhesión y ultra formofologia SEM/TEM. *Odontol Conserv* 1998; 1: 31-37.
57. Arana-Gordillo G. Resistencia al corte de adhesivos autograbadores versus técnica de grabado total. *Fórmula Odontológica* 2004; 2: 78.
58. Cavalcanti A, Melo T. Resistencia al cizallamiento de dos sistemas Adhesivos Autocondicionantes en dientes deciduos – estudio in vitro.
- Disponible en:
- [http://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/2/resistencia\\_cizallamiento\\_sistemas\\_adhesivos.asp](http://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/2/resistencia_cizallamiento_sistemas_adhesivos.asp). Acceso el 13 marzo 2009.

59. Perdigao J, Gomes G. Efecto del tiempo de acondicionado sobre la adhesión al esmalte. Quintessence (ed. esp.) 2007; 20 :137-143.

60. Quijada J. El fraguado dual: El gran olvidado.

Disponible en: <http://www.dentsply.es/Noticias/clinica1702.htm>. Acceso el 13 de marzo 2009.

61. Ramirez A, Ruan J. Resistencia al corte de adhesivos autograbadores versus Técnica de grabado total.

Disponible en:

[http://revista.grupobeo.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2&Itemid=39](http://revista.grupobeo.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=39). Acceso el 15 de marzo de 2009.

62. Díaz-Romeral P, Orejas J. Cementado adhesivo de restauraciones totalmente cerámicas. Cien Dent 2009; 6: 61-75.

## **IX. ANEXOS**



**Tabla 1.**

Resultado de mediciones de las muestras totales en adhesivo convencional (Solobond®): Datos crudo del estudio.

Grupos					
Temporales Solobond			Permanentes Solobond		
Muestra	Kg	MPa	Muestra	Kg	MPa
1	0	0,00	1	17	13,26
2	35	27,31	2	12	9,36
3	27	21,07	3	15	11,70
4	30	23,41	4	23	17,95
5	39	30,43	5	34	26,53
6	57	44,47	6	22	17,17
7	28	21,85	7	11	8,58
8	61	47,60	8	23	17,95
9	44	34,33	9	11	8,58
10	19	14,82	10	23	17,95
11	33	25,75	11	14	10,92
12	28	21,85	12	18	14,04
13	20	15,61	13	25	19,51
14	35	27,31	14	17	13,26
15	31	24,19	15	21	16,39
16	36	28,09	16	21	16,39
17	40	31,21	17	17	13,26
18	20	15,61	18	19	14,82
19	29	22,63	19	12	9,36
20	20	15,61	20	0	0,00
21	27	21,07	21	20	15,61
22	67	52,28	22	22	17,17
23	30	23,41	23	16	12,48
24	18	14,04	24	0	0,00
25	18	14,04	25	38	29,65
26	27	21,07	26	16	12,48
27	23	17,95	27	0	0,00
28	17	13,26	28	18	14,04
29	31	24,19	29	30	23,41
30	38	29,65	30	28	21,85
31	31	24,19	31	28	21,85
32	41	31,99	32	28	21,85
33	20	15,61	33	31	24,19
34	26	20,29	34	12	9,36
35	46	35,89	35	41	31,99
36	22	17,17	36	23	17,95
37	29	22,63	37	20	15,61
38	31	24,19	38	11	8,58
39	29	22,63	39	13	10,14
40	23	17,95	40	21	16,39

**Tabla 2.**

Resultado de mediciones de las muestras totales en adhesivo autograbante (Futurabond®): Datos crudo del estudio.

Grupos					
Temporales Futurabond			Permanentes Futurabond		
Muestra	Kg	MPa	Muestra	Kg	MPa
1	15	11,70	1	24	18,73
2	27	21,07	2	29	22,63
3	18	14,04	3	31	24,19
4	17	13,26	4	24	18,73
5	25	19,51	5	14	10,92
6	12	9,36	6	29	22,63
7	29	22,63	7	31	24,19
8	17	13,26	8	15	11,70
9	8	6,24	9	23	17,95
10	13	10,14	10	24	18,73
11	34	26,53	11	27	21,07
12	7	5,46	12	21	16,39
13	34	26,53	13	20	15,61
14	21	16,39	14	30	23,41
15	15	11,70	15	18	14,04
16	28	21,85	16	28	21,85
17	24	18,73	17	34	26,53
18	21	16,39	18	26	20,29
19	12	9,36	19	16	12,48
20	39	30,43	20	32	24,97
21	18	14,04	21	19	14,82
22	18	14,04	22	19	14,82
23	17	13,26	23	25	19,51
24	20	15,61	24	41	31,99
25	16	12,48	25	23	17,95
26	23	17,95	26	21	16,39
27	16	12,48	27	22	17,17
28	24	18,73	28	24	18,73
29	18	14,04	29	21	16,39
30	38	29,65	30	23	17,95
31	24	18,73	31	0	0,00
32	31	24,19	32	33	25,75
33	27	21,07	33	33	25,75
34	20	15,61	34	28	21,85
35	21	16,39	35	27	21,07
36	15	11,70	36	29	22,63
37	13	10,14	37	24	18,73
38	24	18,73	38	23	17,95
39	27	21,07	39	16	12,48
40	17	13,26	40	29	22,63